

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ DOKTORA PROGRAMI

DEĞİŞEN GÜRÜLTÜ TİPİ VE SİNYAL GÜRÜLTÜ ORANININ KORTİKAL
İŞİTSEL UYARILMIŞ POTANSİYELLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

HAZIRLAYAN
ECE KOCABAŞ

DOKTORA TEZİ

ANKARA - 2024

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
KULAK BURUN BOĞAZ HASTALIKLARI ANABİLİM DALI
ODYOLOJİ DOKTORA PROGRAMI

DEĞİŞEN GÜRÜLTÜ TİPİ VE SİNYAL GÜRÜLTÜ ORANININ KORTİKAL
İŞİTSEL UYARILMIŞ POTANSİYELLERE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

HAZIRLAYAN
ECE KOCABAŞ

DOKTORA TEZİ

TEZ DANIŞMANI
PROF. DR. LEVENT NACİ ÖZLÜOĞLU

ANKARA - 2024

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı Odyoloji Doktora Programı çerçevesinde Ece KOCABAŞ tarafından hazırlanan bu çalışma, aşağıdaki jüri tarafından Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Savunma Tarihi: 04/01/2024

Tez Adı:Değişen Gürültü Tipi ve Sinyal Gürültü Oranının Kortikal İşitsel Uyarılmış Potansiyellere Etkisinin İncelenmesi

Tez Jüri Üyeleri (Unvanı, Adı - Soyadı, Kurumu)

İmza

Prof. Dr. Meral Didem TÜRKYILMAZ

Prof. Dr. Arzu TÜZÜNER

Doç. Dr. Işlay ÖZ

Doç. Dr. Alper KÖYÇÜ

Doç. Dr. Şule Çekiç

ONAY

Prof. Dr. F. Belgin ATAÇ

Enstitüsü Müdürü

Tarih: 04/01/2024

BAŞKENT ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS / DOKTORA TEZ ÇALIŞMASI ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 19 / 12 / 2023

Öğrencinin Adı, Soyadı: ECE KOCABAŞ

Öğrencinin Numarası: 21810258

Anabilim Dalı: Kulak Burun Boğaz Anabilim Dalı.

Programı: Sağlık Bilimleri Enstitüsü Odyoloji Doktora Programı

Danışmanın Unvanı/Adı, Soyadı: Prof. Dr. Levent Naci Özlüoğlu

Tez Başlığı: Değişen Gürültü Tipi ve Sinyal Gürültü Oranının Kortikal İşitsel Uyarılmış Potansiyellere Etkisinin İncelenmesi

Yukarıda başlığı belirtilen Yüksek Lisans/Doktora tez çalışmamın; Giriş, Ana Bölümler ve Sonuç Bölümünden oluşan, toplam 39 sayfalık kısmına ilişkin, /19/12/2023 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 18'dir. Uygulanan filtrelemeler:

1. Kaynakça hariç
2. Alıntılar hariç
3. Beş (5) kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç

"Başkent Üniversitesi Enstitüleri Tez Çalışması Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılması Usul ve Esaslarını" inceledim ve bu uygulama esaslarında belirtilen azami benzerlik oranlarına tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Öğrenci İmzası:

ONAY

Tarih: 19 / 12 / 2023

Öğrenci Danışmanı Unvan, Ad, Soyad, İmza:

Prof. Dr. Levent Naci Özlüoğlu 11

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimim boyunca bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, sonsuz destek ve yardımları olan, bilimsel katkılarını, sabrını ve hoşgörüsünü esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Levent Naci Özlüoğlu'na ve Doç. Dr. Işılay Öz'e,

Eğitimim sürecinde bilgi ve desteklerini benden esirgemeyen değerli hocam sayın Prof. Dr. Hatice Seyra Erbek'e, araştırmanın tüm aşamalarında öneri ve katkıları olan, değerli zamanını ve emeğini esirgemeyen, birlikte çalışmaktan mutluluk duyduğum Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Bölümü'nden değerli hocam sayın Prof. Dr. Meral Didem Türkyılmaz'a,

Araştırmaya önemli katkıları olan, değerli zamanını ve emeğini esirgemeyen, Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Bölümü'nden Dr. Eser Sendesen'e,

Bir parçası olmaktan mutluluk duyduğum Başkent Üniversitesi Odyoloji Bölümü'ndeki değerli hocalarıma,

Tüm Başkent Üniversitesi Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı alışanlarına;

Hayatım boyunca sevgilerini ve desteklerini esirgemeyen, her zaman bana güvenen aileme ve her anımda desteğini hissettiğim eşime teşekkür ederim.

ÖZET

Ece Kocabaş, Değişen Gürültü Tipi ve Sinyal Gürültü Oranının Kortikal İşitsel Uyarılmış Potansiyellere Etkisinin İncelenmesi, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Doktora Programı Doktora Tezi, 2024

Arka planda gürültü varlığında konuşmayı anlama zorluğu yaygın olarak bildirilen bir sorundur. Beynin gürültüde konuşmayı nasıl işlediğini anlamak, klinisyenlerin gürültüde konuşmayı anlamada zorluk yaşayan kişilere yardımcı olacak terapiler ve fayda ölçütleri geliştirmelerine yardımcı olmaktadır. Bu çalışmanın amacı, farklı sinyal/gürültü oranlarındaki (SGO) farklı gürültü tiplerinin, normal işiten bireylerde ses başlangıcıyla uyarılan N1 cevapları üzerindeki etkisini araştırmaktır. Araştırmaya 18-30 yaş arası 14 katılımcı dahil edilmiştir. Elektrofizyolojik ölçümlerde /sa/ uyarını sessizlikte, beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde iki SGO altında sunulmuştur. Farklı gürültü durumlarındaki ses başlangıcı N1 latansları ve genlikleri karşılaştırılmış, başlangıç cevabı ses başlangıcı N1 genlikleri sessiz durum ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, beyaz gürültü ile karşılaştırıldığında çok konuşmacılı gürültü durumu için genlikler önemli ölçüde azalmıştır. Tüm ses başlangıç N1 cevabı için ortalama latanslar, sessiz durumla karşılaştırıldığında gürültü durumunda uzamıştır. Ancak beyaz gürültü ile çok konuşmacılı gürültü durumu arasında, latans süresindeki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p < 0,05$). Bu sonuçlar, arka plandaki maskenin genel olarak konuşma sesinin uyardığı kortikal tepkilerin genliğini azaltıp latansını uzatırken, maskeleme tipinin de önemli bir etkiye sahip olduğu fikrini desteklemektedir. Çok konuşmacılı maskeleyiciler (6 konuşmacılı), tamamen enerjik beyaz gürültü maskeleyicileriyle karşılaştırıldığında, ses başlangıcı N1 zorunlu kortikal cevap üzerinde daha büyük bir etkiye sahiptir, bu da informasyonel maskeleme etkilerine atfedilebilir.

Anahtar Kelimeler: informasyonel maskeleme; enerjik maskeleme; EEG; çok konuşmacılı gürültü; işitsel kortikal N1 cevabı

ABSTRACT

Ece Kocabaş, Investigation of the Effect of Changing Noise Type and Signal-to-Noise Ratio on Cortical Auditory Evoked Potentials, Başkent Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Kulak Burun Boğaz Hastalıkları Anabilim Dalı Odyoloji Doktora Programı Doktora Tezi, 2024

Difficulty of understanding speech in the presence of back-ground noise is a commonly reported problem. Understanding how the brain processes speech in noise helps clinicians develop therapies and outcome measures to assist individuals who struggle understanding speech in noise. The aim of this study is to investigate the effect of different noise types at different signal to noise ratios (SNR) on sound onset evoked N1 responses among normal hearing individuals. 14 participants aged between 18-30 are included in the study. In electrophysiological measurements the stimulus /sa/ was presented in quiet, and in white noise and multi talker noise under two SNRs. Sound onset evoked N1 latencies and amplitudes were compared between conditions. All amplitude were significantly reduced for the multi talker condition compared with white noise. Mean latencies for all onset N1 peaks were delayed for noise condition compared with quiet. However, in contrast to the amplitude, differences in latency between white noise and the multi talker noise did not reach statistical significance. These results support the idea that while background noise maskers generally reduce amplitude and increase latency of speech sound evoked cortical responses, the type of masking has a significant influence. Multi talker maskers (six talkers) have a larger effect on the obligatory cortical response to speech sound onset N1 compared with purely energetic white noise maskers, which may be attributed to informational masking effects.

Keywords: informational masking; EEG; multiple talker noise; auditory cortical N1 response

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
TABLolar LİSTESİ	vi
ŞEKİLLER LİSTESİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	viii
1. GİRİŞ ve AMAÇ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Gürültüde Konuşma Algısı	5
2.2. İnforsasyonel ve Enerjik Maskeleme	8
2.3. Gürültüde Konuşma Algısının Altında Yatan Nöral Süreçler	12
2.4. Elektrofizyolojik Ölçümler	13
2.5. Gürültü Tipinin Kortikal İşitsel Uyarılmış Potansiyeller Üzerindeki Etkisi ...	16
3. GEREÇ VE YÖNTEM.....	19
3.1. Katılımcılar.....	19
3.2. Uyarılar.....	20
3.3. Prosedür.....	20
3.4. İstatistiksel Analiz.....	23
4. BULGULAR.....	24
4.1. Tanımlayıcı İstatistikler	24
4.2. Uyarılmış Potansiyellerin Değerlendirilmesi.....	25
4.2.1. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarısının başlangıç n1 cevap latanslarının karşılaştırılması	25
4.2.2. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısının başlangıç n1 cevap latanslarının karşılaştırılması.....	26
4.2.3. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısının başlangıç n1 cevap latanslarının karşılaştırılması.....	27
4.2.4. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarısının başlangıç n1 genliklerinin karşılaştırılması.....	28

4.2.5. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının başlangıç n1 genliklerinin karşılaştırılması.....	29
4.2.6. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının başlangıç n1 genliklerinin karşılaştırılması.....	30
5. TARTIŞMA.....	31
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	38
KAYNAKLAR.....	39



TABLÖLAR LİSTESİ

	Sayfa
Tablo 3.1. Uyarın Koşulları.....	22
Tablo 4.1. Katılımcıların tanımlayıcı istatistiksel verileri	24
Tablo 4.2. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 latansları için istatistiksel değerler	25
Tablo 4.3. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 latansları için istatistiksel değerler.....	26
Tablo 4.4. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 latansları için istatistiksel değerler.....	27
Tablo 4.5. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 genlikleri için istatistiksel değerler	28
Tablo 4.6. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 genlikleri için istatistiksel değerler	29
Tablo 4.7. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 genlikleri için istatistiksel değerler	30

ŞEKİLLER LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Test Prosedürü.....	21
Şekil 4.1. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarani için elde edilen ses başlangıcı N1 latanslarının karşılaştırılması.....	25
Şekil 4.2. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarani için elde edilen ses başlangıcı N1 latanslarının karşılaştırılması.	26
Şekil 4.3. Beyaz gürültü ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarani için elde edilen ses başlangıcı N1 latanslarının karşılaştırılması.	27
Şekil 4.4. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarani için elde edilen ses başlangıcı N1 genliklerinin karşılaştırılması.	28
Şekil 4.5. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarani için elde edilen ses başlangıcı N1 genliklerinin karşılaştırılması.	29
Şekil 4.6. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarani için elde edilen ses başlangıcı N1 genliklerinin karşılaştırılması.....	30

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

ADK	akustik değişim kompleksi
dB	desibel
EEG	elektroensefalografi
Hz	hertz
KUİP	kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller
μ V	mikrovolt
Ms	milisaniye
Ort	ortalama
SGO	sinyal gürültü oranı
SS	standart sapma

1. GİRİŞ ve AMAÇ

Yıllar boyunca, sinirbilimciler ve klinisyenler, beynin gürültülü ortamlarda bilgiyi nasıl işlediğini incelemişlerdir. Arka planda gürültü olduğunda konuşmayı anlamada zorluk, yaygın olarak bildirilen bir sorundur. Bu algısal zorluk, rekabet eden arka plan gürültü seviyeleri arttıkça giderek daha şiddetli hale gelmektedir.

Günlük dinleme durumlarında, normal işiten bireyler için bile gürültülü bir ortamda konuşmayı anlamak zor bir işittir. Bu arka plan sesleri, diğer insanların konuşması gibi değişken sesler de dahil olmak üzere, bir hedef sinyali maskeleyen herhangi bir sestem oluşabilir. Sinyal ve gürültünün bu karmaşık etkileşimi, konuşmayı anlamada zorluk yaratır ve aynı zamanda işitme engellilerin ve hatta normal işitenlerin bile en yaygın şikayetlerinden biridir (1,2). Ek olarak, santral işitsel işleme bozukluğu, kafa travması ve şüpheli koklear sinaptopatisi olan ve normal işiten bireyler için gürültüde konuşmayı anlamada artan güçlük belgelenmiştir (3-5). Kapsamlı araştırmalar, bu algısal görevle ilgili zorluğun yaygınlığını belgelemiş olsa da bu popülasyonlardaki açıkların doğasını anlamak eksik kalmaktadır. Ayrıca, konuşma tanımayı bozan gürültünün belirli akustik faktörleri ve dikkat gibi bilişsel faktörlerin bu süreci nasıl modüle ettiği tam olarak anlaşılammıştır. Gürültüde konuşmayı algılama yeteneklerinin değerlendirilmesi, işitme güçlüğü çekenlerin de yaşam kalitesini iyileştirmek açısından oldukça önemlidir.

Rakip konuşmalardan oluşan arka plan gürültüsünün, benzer şekilde zorlayıcı sinyal-gürültü oranlarında bile, beyaz gürültü veya konuşma şeklindeki gürültü (konuşmaya göre spektral olarak şekillendirilmiş sürekli gürültü) gibi sürekli gürültülerle karşılaştırıldığında, genellikle konuşmayı anlama açısından olumsuz etkiye sahip olduğu gösterilmiştir (7,8). Aynı zamanda, işitme kaybı olanların hedef konuşmacıyı anlamada en çok zorluk yaşadıkları yer, rakip konuşmanın varlığındadır (9). Konuşma ve konuşma dışı rekabet halindeki arka plan gürültüsü genellikle hedef konuşmaya iki tür maskeleye sağlayacak şekilde kategorize edilmiştir. Bunlar enerjik ve informasyonel maskeleyedir. Sürekli beyaz gürültü ve konuşma şeklindeki gürültünün sağladığı tür olan enerjik maskeleye, hedef sinyal ile işitsel çevredeki maskeleyici arasındaki fiziksel etkileşimlerden kaynaklanır. Konuşma algısı için daha zararlı olan informasyonel maskeleye, yalnızca fiziksel olarak etki etmekle kalmaz, aynı zamanda yukarıdan aşağıya

daha yüksek seviyelerde konuşmanın anlaşılmasına algısal olarak da etki eder (10). Yani informasyonel maskeleye enerjik bileşenler içerir ancak ilgili işitsel içeriğin eklenmesi nedeniyle algısal zorluğu arttırmaktadır.

Arka planda diğer insanlar konuşurken, dinleyicinin hedef konuşmacıya kulak vermesi ve hedef sinyalleri rakip konuşma sinyallerinden ayırması zor olabilmektedir. Bu nedenle enerjik ve informasyonel maskeleyenin işitsel yol içerisinde farklı işleme seviyelerinde çalıştığı görülmektedir. Arka planda gürültü varlığında konuşmayı tanımadaki eksiklikler, enerjik ve informasyonel maskeleyenin kombinasyonunda yer alan hedef konuşma, maskeleyici konuşma ve dinleyiciyle ilgili faktörlerin karmaşık etkileşiminin bir parçasıdır.

Araştırmacılar, işitsel korteks de dahil olmak üzere santral işitsel yol boyunca insan işitme sisteminde sesi işlemlenimin altında yatan nöral mekanizmayı araştırmak için sıklıkla kortikal işitsel uyarılmış potansiyelleri (KİUP) kullanmışlardır. Bu tepkiler, sesin başlaması ve değişmesiyle uyarılan ve dinleyicinin aktif katılımı olmadan kaydedilen üç tepe noktasından (P1-N1-P2) oluşan bir kompleksten oluşmaktadır KİUP, merkezi işitme sisteminin talamokortikal segmentindeki yapıların senkronize nöral aktivitesini yansıtmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, arka plan gürültü tipinin ve farklı sinyal gürültü oranlarının /sa/ hecesi uyarınının sinirsel kodlaması üzerindeki farklılıkları kortikal işitsel potansiyeller testi ile incelemektir. Bu önemli değişkenleri tek bir deneyde test etmek, aralarında var olan etkileşimlerin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır.

İnformasyonel maskeleye araştırması, gürültüde davranışsal performansın azalmasına katkıda bulunan hem benzerlik hem de belirsizlik faktörlerini belirlemiş olsada, altta yatan sinirsel algısal süreçler de dahil olmak üzere informasyonel maskeleye olgusuna ilişkin bilgidaki kritik boşluklar devam etmektedir.

Çalışma hipotezleri aşağıda belirtilmiştir:

Hipotez 1;

H0: Sessizlikte sunulan /sa/ uyarani ses başlangıcı N1 cevaplarını oluşturmayacaktır.

H1: Sessizlikte sunulan /sa/ uyarani ses başlangıcı N1 cevaplarını oluşturacaktır.

Hipotez 2;

H0: Beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarani ses başlangıcı N1 cevaplarını oluşturmayacaktır.

H1: Beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarani ses başlangıcı N1 cevaplarını oluşturacaktır.

Hipotez 3;

H0: Çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarani ses başlangıcı N1 cevaplarını oluşturmayacaktır.

H1: Çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarani ses başlangıcı N1 cevaplarını oluşturacaktır.

Hipotez 4;

H0: Sessizlikte sunulan /sa/ uyarani oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği ile beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarani oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği arasında fark olmayacaktır.

H1: Sessizlikte sunulan /sa/ uyarani oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği ile beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarani oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği arasında fark olacaktır.

Hipotez 5;

H0: Sessizlikte sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği ile çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği arasında fark olmayacaktır.

H1: Sessizlikte sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği ile çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği arasında fark olacaktır.

Hipotez 6;

H0: Beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği ile çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği arasında fark olmayacaktır.

H1: Beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği ile çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının oluşturduğu ses başlangıcı N1 cevabının latans ve genliği arasında fark olacaktır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Gürültüde Konuşma Algısı

Gürültüde konuşma algısı, algısal ve elektrofizyolojik ölçümler kullanılarak incelenebilmektedir. Normal işitmeye sahip kişiler ve aynı zamanda işitme kaybı olanlar, gürültüde konuşmanın algılanmasını gerektiren görevlerde büyük ölçüde cevap değişkenliğine sahiptir. Normal işitenlerde gürültüde konuşmayı tahmin etme yetenekleri konusunda çeşitli faktörler araştırılmıştır. Örneğin, bir bireyin yaşı bir faktör olarak görülmektedir. Bir çalışma 250-3000 Hz arasındaki frekanslar için, bilateral ≤ 20 dB SPL saf ses eşikleri olan bir grup genç yetişkin ve bir grup yaşlı yetişkini test etmiştir (11). Her iki gruba da ana dilleri olan Fransızca cümleleri arka plan gürültüsünde dinledikleri ve özne ve fiil gibi anahtar sözcükleri seçmeleri gereken bir görev verilmiştir. Görev tamamlandığında, her dinleyiciden, 0 ila 100 arasında bir ölçekte görevin ne kadar çaba gerektirdiğini derecelendirmeleri istenmiştir. İki grup, gürültüdeki kelimelere verilen yanıtların doğruluğunda hiçbir farklılık göstermezken, yaşlı yetişkinlerin yanıt vermesi daha uzun sürmüş ve genç yetişkinlerden daha fazla çaba gösterdiklerini bildirmiştir. Yazarlar, bu bulguların, yaşlanmanın gürültüde konuşmayı anlamak için daha fazla çaba gerektirdiğini öne sürmektedir. Bu artan çabanın, yaşlı yetişkinlerde, fazla çaba harcamadan konuşmayı tam olarak anlamalarını zorlaştıran duyuşsal ve bilişsel gerilemenin bir kombinasyonundan kaynaklanabileceğini öne sürmektedirler.

Hafif bilişsel bozukluk da bireyin gürültüde konuşmayı anlamasını etkileyebilmektedir. Başka bir çalışmada hafif bilişsel bozukluğu olan yaşlı yetişkinler gürültüde konuşmayı algılama açısından değerlendirilmiştir (12). Bu katılımcılar 2000 Hz ve altında normal eşiklere sahip, 4000 Hz'de orta derecede (≤ 40 dB SPL) ve 8000 Hz'de ileri dereceden fazla işitme kaybı olmayan, önceden veya mevcut amplifikasyon kullanımı olmadan normal eşiklere sahipti. Ayrıca sessiz ortamda $\geq 80\%$ konuşmayı ayırt etme puanları vardı. Hafif bilişsel bozukluğu olan bu grup, *frontal-executive* işlev bozukluğunun önceki tanılarına dayalı olarak iki gruba ayrılmıştır. Aynı odyometrik profillere sahip bilişsel olarak normal olan yaşlı yetişkinlerden oluşan bir kontrol grubu da çalışmaya alınmıştır. Her iki gruba da standart bir konuşma algılama testi olan Kore Konuşma Odyometrisi uygulanmış, konuşma şeklinde gürültü ve çok konuşmacılı gürültü ile

karıştırılmış ve tekrarlanmıştır. Sonuçlar, hafif bilişsel bozukluğu olanların, normal bilişsel işlevi olan kontrol grubuna göre gürültüde konuşma görevlerinde daha kötü performansa sahip olduğunu göstermiştir. Ek olarak, *frontal-executive* işlev bozukluğu olanlar, diğer hafif bilişsel bozukluk biçimlerine sahip olanlardan daha kötü performans göstermişlerdir, bu da *frontal-executive* işlevin gürültüde konuşma algısı ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

Genç yetişkinler de gürültüde konuşmayı anlamak için değişkenlik gösterirler. Bir çalışma 18-40 yaşları arasında, normal işitmeye sahip ve dil-konuşma bozukluğu öyküsü olmayan 66 genç yetişkini test etmiştir (13). Katılımcıların her biri gürültüyle kodlanmış konuşmayı, sıkıştırılmış konuşmayı ve çok konuşmacılı gürültüde konuşmayı (-3 dB SPL SGO'da) dinlemiştir. Her dinleyici, tüm koşullar için iki oturum arasında güçlü ilişkilere sahipti; bu, görevlerin, her dinleyicinin farklı bozulmuş konuşma türlerindeki zorluklarını belirlemede güvenilir olduğunu gösteriyordu. Herkesin normal işitmeye sahip olmasına rağmen, gürültüde kelime tanıma puanları ~%35 doğru ile ~%65 doğru arasında bir aralığa sahipti, bu da normal eşiklere sahip kişilerin gürültüde konuşma testindeki geniş değişkenliği gösteriyordu. Çalışma bozulmuş konuşmayı dinleyen bireylerin, bu durumlarda belirli yönleri diğerlerinden daha fazla vurgulamak için konuşmanın doğasına güvendiğini öne sürmektedir (örneğin, spektral nitelikler bozulduğunda zamansallığı vurgulamak gibi). Normal işitmeye sahip kişiler bu becerileri eşit olarak geliştirmemiş olabileceğinden, konuşmanın bozulduğu durumlarda, örneğin bir maskenin varlığında olduğu gibi, değişkenlik devam edecektir.

Bir çalışma gürültüde zamansal işlemenin konuşmayı algılamaya katkıları incelemiştir (14). Gürültüde *frequency following response* (subkortikal elektrofizyolojik faza kitli cevap) kaydederken, araştırmacılar, maskeleye verildikçe uyarıya yönelik faz kilitlemesinin azaldığını görmüş ve bu, gürültüde konuşma puanlarındaki düşüşlerle ilişkilendirilmiştir. Temporal işleme bozukluğu olan disleksili çocuklarda, disleksi olmayanlara kıyasla gürültüde daha düşük *frequency following response* gözlenmiştir. Ancak, disleksili çocukların, işitsel eğitim aldıktan sonra gürültü koşulunda kaydedilen *frequency following response*'da bir iyileşme olduğu görülmüştür. Bu, altta yatan zamansal işleme bozukluklarının işitsel eğitim ile iyileştirilebileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, karmaşık bir ses sahnesinde belirli müzik niteliklerine katılmak üzere eğitilmiş müzisyenlerin, *frequency following response*'un, müzisyen olmayanlara göre arka plan

gürültüsünden daha az kesintiye uğradığı ve gürültü testi sonuçlarının daha iyi olduğu bulundu. Bu örnekler, zamansal işlemenin gürültüde konuşmanın alınması üzerindeki etkisini örneklemektedir ve eğitimin zamansal işlemeyi iyileştiren *top-down* bir etki de üretebileceğini göstermektedir.

Bir değişkenlik kaynağı da tinnitusun varlığından gelir. Bir çalışmada, tinnitusu olan genç yetişkinler ile tinnitusu olmayanlar arasında saf ses eşikleri, otoakustik emisyonlar veya işitsel beyin sapı cevabı açısından önemli bir fark bulunmamıştır. Ancak, gürültüde konuşma testlerinde tinnitusu olanlar tinnitusu olmayanlara göre önemli ölçüde daha kötü performans göstermiştir. (15). Yazarlar, tinnitusu olan kişilerde, tinnitus ile eşzamanlı olarak gürültüye maruz kalmanın neden olduğu santral yerleşimli eksikliklere sahip olduklarını öne sürdüler. Ayrıca uzun süreli gürültüye maruz kalmanın potansiyel olarak konuşmayı gürültüden ayırmayı daha zor hale getiren kortikal yeniden yapılanmaya neden olabileceğini öne sürmüştür.

İşitme kaybı, bir bireyin gürültüde konuşmayı nasıl işleyebileceği konusunda da rol oynamaktadır. Bir çalışma hafif ila orta derecede sensörinöral işitme kaybı olan on genç yetişkin dinleyici, hafif ila orta derecede sensörinöral işitme kaybı olan on yaşlı yetişkin ve normal işitme eşikleri olan on genç yetişkin dinleyici üzerinde gürültüde konuşma testi gerçekleştirmiştir (16). Uyarılar, Northwestern Üniversitesi İşitme Testi No. 6'nın dört adet 50 kelimelik listesinden oluşmaktadır. Kokleanın bazal ucunun katkısını en aza indirmek için tüm test koşullarındaki tüm uyarılar, 4000 Hz'de yüksek geçişli bir filtrede beyaz gürültü kullanılarak maskelenmiştir. Maskeleyiciler, 12 konuşmacılı gürültü ve konuşma spektrumu gürültüsünü içermektedir. İşitme kaybı olan genç yetişkinler ile işitme kaybı olan yaşlı yetişkinlerin kelime tanıma puanları arasında anlamlı fark gözlenmemiştir. Ancak, normal işitme duyarlılığına sahip genç yetişkinlerin, tüm koşullarda diğer iki gruba göre anlamlı derecede daha iyi kelime tanıma puanlarına sahip olduğu gözlenmiştir. Maskeleyici konuşmaya daha benzer hale geldikçe, tüm gruplar kelime tanıma puanında benzer bir düşüş yaşamıştır. Sonuçlar, işitme kaybının gürültü algısında konuşma üzerinde yaşa bağlı değişikliklerden daha fazla etkisi olduğunu göstermektedir. İşitme kaybına bağlı oluşan gürültüde konuşma güçlükleri, işitme kaybı olan kişilerde nöral *tuning curve* genişlemesi ile ilgili olabilmektedir. Sensörinöral işitme kaybı, kokleadaki dış tüy hücrelerinin kaybı ile ilişkilidir. Bu hücreler olmadan, işitme kaybı olan bir kişinin

duymasını sağlamak için baziler membranın daha geniş bir aralığı uyarılmalıdır, bu da spektral ipuçlarında güvenilecek daha az özgüllüğe yol açmaktadır (17).

2.2. İnfomasyonel ve Enerjik Maskeleme

Gürültüde konuşma algısı, algısal yöntemler kullanılarak incelendiğinde, farklı türde maskeleyicilerin etkileri gözlenmiştir. Rakip konuşmadan oluşan arka plan gürültüsünün, benzer şekilde zorlayıcı SGO'da bile, beyaz gürültü veya konuşma şeklindeki gürültü gibi sürekli gürültülerle karşılaştırıldığında konuşmayı anlamayı daha çok etkileğini gözlenmiştir (7,8). Konuşma ve konuşma dışı rekabet eden arka plan gürültüsü, genel olarak, hedef konuşmaya iki tür maskeleme sağlayan enerjik ve infomasyonel maskeleme olarak kategorize edilmiştir. Sürekli beyaz gürültü ve konuşma şeklindeki gürültünün sağladığı tip olan enerjik maskeleme koklea düzeyinde kodlanmıştır. İşitsel çevredeki hedef sinyal ile maskeleyici arasındaki fiziksel etkileşimlerden kaynaklanmaktadır. Hedef ve maskeleyici enerjinin işitsel çevrede doğrudan rekabet edecek şekilde benzer zaman ve frekansta mevcut olması durumunda meydana gelmesi şekilde tanımlanabilir (8). Maske, baziler membranda sinyalin izole olarak sunulduğunda meydana gelebilecek kadar büyük bir yer değiştirme oluşturmasını önleyen bir yer değiştirme yaratmaktadır. Ek olarak, baziler membran, hedef uyarıcıdan çok maskeleyici tarafından aktive edilmekte ve herhangi bir anda uyarana verilen nöral yanıtta daha az özgüllüğe neden olmaktadır. Meydana gelen bu iki işlemin kombinasyonu, daha sonra hem maskeleyiciye hem de sinyale verilen genel nöral yanıtta sinyali çıkarmak için gereken daha fazla işleme, kortekse kadar tüm yol boyunca kodlanacaktır.

İşitsel sistemde, geniş bant kararlı durum maskeleyicisi, her biri merkez frekanstaki işitsel filtrenin bant genişliğine karşılık gelen bir bant genişliğine sahip dizi dar bant sinyaline filtrelenmektedir (18). Bu nedenle gürültü enerjisi hedef konuşma ile aynı bantlar içerisinde yer alıyorsa maskeleme meydana gelecektir.

Konuşma algısı çalışmaları genelinde, tamamen enerjik maskelemenin konuşmayı tanıma üzerindeki etkisinin yalnızca spektral örtüşme düzeyi tarafından değil, aynı zamanda bu spektrum içindeki zamansal dalgalanmalar tarafından da belirlendiği gösterilmiştir. (19-22). Gürültünün zamansal zarfı tamamen sabit değilse ve dalgalanmalar

varsa, hedef sinyalin her kanalda tamamen maskelenmediği zamanlar olacaktır (23). Spektro-zamansal olarak modüle edilmiş maskeleyicilerin konuşma tanıma üzerindeki etkileri, genellikle enerjik maskeleme modülasyonları ile daha iyi konuşmayı tanıma performansı göstermektedir (24,25).

Bir çalışma çeşitli geçici olarak modüle edilmiş maskeleme koşullarındaki konuşma tanıma puanlarının, ünsüz tanımayı desteklemek için gürültü modülasyonundaki boşluklar sırasında yeterli bilginin mevcut olduğunu ve bir gürültü kaynağındaki boşlukların oranının anlaşılabilirliğin iyi bir göstergesi olduğunu öne sürmüşlerdir (26). Boşluklar sırasında dinlemenin teorik temeli, kısa bakış olarak adlandırılmakta ve hedef sinyalin arka plan gürültüsünden en az etkilendiği anlık bakışlardan yararlanmaya dayanmaktadır (25,26). Bu nedenle, zamansal dalgalanmalar içeren konuşmadan oluşan arka plan gürültüsünün, bu kısa bakışlar sırasında dinlemenin bu avantajından dolayı dinleyiciye daha iyi bir tanıma sağlaması da beklenmektedir. Ancak konuşmadaki zamansal değişiklikleri taklit edecek şekilde modüle edilmiş zarflı ve zarfsız enerjik konuşma şeklindeki gürültü ile konuşma sırasında konuşma maskesi (çok konuşmacılı gürültü) karşılaştırıldığında, bir hedef ifadeyi tanıma görevinde normal işiten genç yetişkinlerde cümle tanımanın daha zayıf olduğu gösterilmiştir (8). Spesifik olarak, iki kulaklı bir dinleme koşulunda, 2 ve 3 konuşmacılı maskeleyicilerin, aynı SGO'da eşleşen zarf modülasyonlu konuşma şeklindeki gürültüye göre ~%30 daha kötü konuşma anlama ile sonuçlandığını buldular. Yani, aynı spektral şekle sahip sürekli gürültü ve çok konuşmacılı maskeleyicilerin dalgalanmasını taklit edecek şekilde eşleşen zamansal dalgalanmalar, dinleyicilere bir avantaj sağlamış (maskelemeden salınım), ancak çok konuşmacılı gürültü koşullarında performans azalmıştır. Çok konuşmacılı gürültü ve modüle edilmiş sürekli gürültü arasındaki performans farkı, konuşma şeklindeki gürültünün enerjik maskelemesinde mevcut olmayan informasyonel maskeleme etkilerine atfedilmiştir.

İnformasyonel maskeleme, işitsel çevre üzerinde örtüşmeye ek olarak ve örtüşmenin ötesinde meydana gelen, ayırt etme, dikkat ve hafıza gibi üst düzey *top-down* işitsel işlemlemeyi içeren maskeleme etkileri olarak anlaşılabilir. Tipik olarak arka plan konuşması olan informasyonel maskeleme varlığında, dinleyicinin konuşan belirli bir kişiyi (hedef konuşma) dinlemesi ve diğer insanların konuştuğu arka plandan ayırması gerekmektedir. Bu nedenle maskeleyiciler, spektral ve zamansal özellikler bakımından hedef konuşmaya benzer olabilir, benzer bir yerden gelebilir, az veya çok yoğun olabilir ve

benzer dilsel içerik içerebilmektedir. Bunların hepsi dinleyicinin deneyimlerini ne kadar maskeleyeceğini etkileyebilmektedir.

Pollack (1975), "informasyonel maskeleyeme" tasarlayan kişi olarak kabul edilirken, informasyonel maskeleyemenin klasik hipotezi Durlach, Mason, Kidd ve diğerleri tarafından tanımlanmıştır (27,28). Hedef konuşmanın çok konuşmacılı maskeleyiciye olan benzerliği ve belirsizliğinin, hedef konuşmayı ayırmada ve dolayısıyla doğru olarak algılamada zorlukla sonuçlandığını belirtmektedir. İnfomasyonel maskeleyemenin bu tanımsal yapısı geniş kalsa da araştırmacılar benzerlik ve belirsizliğin birçok yönünü ve bu olguların gürültüde konuşma tanımayı nasıl etkilediğini araştırmışlardır (8,10,21,29-32) Hedef maskeleyici benzerliği faktörleri, hedef konuşmanın ve maskeleyici konuşmanın benzer akustik özelliklerini (spektral içerik ve zamanlama vb. gibi) ve hedef ve maskeleyici konuşmanın dilsel içeriğini ve anlaşılabilirliğini içerebilmektedir. (8,20,26,30,34). Uyaran belirsizliği, hedef konuşmanın varlığının öngörülebilirliği (birinin konuşup konuşmadığı) ve hedefin zamanlamasının arka plandaki gürültüye göre tutarlılığı gibi faktörlerle ilişkili olabilmektedir. Her ikisi de arka plan gürültüsünün hedefe odaklanmayı sürdürme yeteneğini etkilemektedir (8,32,35,37,36,38). Benzerlik ve belirsizlik kavramları tamamen bağımsız faktörler değildir. Örneğin, hedef ve maskeleyici akustik olarak ne kadar benzer olursa, dinleyici hedefin maskeleyici (ler) de mevcut olup olmadığı konusunda daha fazla belirsizlik yaşayabilir. Ancak teorik olarak hedef ve maskeleyici ilişkisinin bu iki önemli yönü, informasyonel maskeleyemeye katkılarını daha iyi anlamak için deneysel manipülasyonların temelini oluşturmaktadır. Algılanan informasyonel maskeleyeme olgusuna katkıda bulunan birden fazla faktörün etkileşimidir.

İnfomasyonel maskeleyemenin konuşma algısı üzerindeki etkileri, yalnızca maskeleyicideki enerji ile tam olarak açıklanamamaktadır. Fiziksel enerjisine ek olarak, maske ayrıca anlam veya bilgi içerebilmekte (sınıf ortamında bir yan konuşma gibi) ve bu, dikkati hedef sinyalden uzaklaştırabilmekte veya engelleyebilmektedir. Bu nedenle, informasyonel maskeleyeme işitsel kortikal nöronları kullanabilmekte ve onları sinyali işlemek için kullanılamaz hale getirebilmektedir (39). İnfomasyonel maskeleyeme, ayırt etme, dikkat ve hafıza gibi daha yüksek dereceden yukarıdan aşağıya işitsel işlemeyi içeren, işitsel çevrede örtüşmeye ek olarak bunun ötesinde meydana gelen maskeleyeme etkileri olarak anlaşılabilir. Tipik olarak arka plan konuşması olan informasyonel maskeleyeme gürültüsünün varlığında, dinleyici, konuşan belirli bir kişiyi (hedef konuşma)

dinlemeli ve konuşan diğer insanların arka planından ayırılmalıdır. Sinyalden anlam çıkarıldığında, informasyonel maskeleme etkileri azalmaktadır. Örneğin, rakip bir konuşma maskeleyicisi ters çalındığında, maskeleyici önceki koşulda olduğu gibi aynı temporo-spektral özelliklere sahip olsa bile maskeleme etkisi 4-8 dB SPL azalabilmektedir. Bu etkiler, konuşma maskeleyicinin dilsel bileşenlerinin maskelemeyi etkilediğini göstermektedir (40).

Konuşma algısı için daha zararlı olan informasyonel maskeleme, yalnızca fiziksel olarak müdahale etmekle kalmaz, aynı zamanda daha yüksek yukarıdan aşağıya (top-down) seviyelerde konuşmanın anlaşılmasına algısal olarak müdahale etmektedir (28). Yani, informasyonel maskeleme, enerjik bileşenleri içerir, ancak ilgili işitsel içeriğin eklenmesi nedeniyle algısal zorluğu artırmaktadır. Arka plan gürültüsü diğer insanlar konuşurken, dinleyicinin dikkat etmesi ve dinlemeye çalıştığı hedef konuşmacıyı rakip konuşma sinyallerinden ayırması zor olabilmektedir. Bu nedenle, enerjik ve informasyonel maskeleme, işitsel yol içinde farklı işleme seviyelerinde çalışıyor gibi görünmektedir.

Brungart, Simpson, Ericson ve Scott (2001) tarafından ortaya konulduğu gibi, akustik ortam, konuşmacıların sayısı, konuşmacıların cinsiyetleri ve uzamsal ayırım dahil olmak üzere birçok maskeleme özelliği, informasyonel maskeleme varlığında konuşma anlaşılabilirliğini etkilemektedir (8). Akustik ortam nadiren tek başına sinyali içermekte, genellikle bir maske de olmaktadır. Sinyal gürültü oranı azaldıkça konuşma algısı performansı düşmektedir. Bu, özellikle maskeleyicinin frekansları sinyalin frekanslarına daha yakın olduğunda doğrudur, ancak frekanslar ayrı işitsel akışlar olarak algılanacak kadar farklı olduğunda performans artmaktadır. Rakip konuşmacıların sayısı arttıkça performans da artmaktadır, çünkü artan sayıda konuşmacının dinleyici için önemsiz gürültü olarak ayrılması, sinyalle yalnızca bir veya iki konuşmacının rekabet etmesinden daha kolay olmaktadır. Ancak, bu konuşmacıların sinyalden farklı vokal nitelikleri varsa (erkek konuşmacı sinyali ve kadın konuşmacı maskeleyici gibi), dinleyici için informasyonel maskeleme etkileri azalabilmektedir. İformasyonel maskeleme etkilerini sınırlamak için bir başka etkili strateji, maskeleyici ve sinyalin uzamsal olarak ayrılmasıdır.

2.3. Gürültüde Konuşma Algısının Altında Yatan Nöral Süreçler

Gürültüde konuşma algısının altında yatan nöral süreçlerin göreceli katkısı, işitsel bir uyarının ardından beyindeki elektriksel aktivitedeki değişiklikleri ölçen nesnel ses işleme ölçümleri kullanılarak değerlendirilebilmektedir. Bu ölçümler işitsel uyarılmış potansiyeller olarak adlandırılmaktadır. Tepkinin büyüklüğü (yani genlik) ve uyarın başlangıcına (yani latans) göre zaman süreci, uyarın işlemenin çeşitli aşamaları hakkında değerli bilgiler sağlamaktadır.

Uyarının saptanması ve nöral kodlanması ile başlayarak, işitsel uyarılmış potansiyeller, beyin sapının alt kortikal yolları boyunca uyarının senkronize nöral kodlamasını temsil etmek için kullanılabilir (41). Bu beyin sapı tepkileri, konuşma sinyalinin akustik özelliklerini, beyin sapı seviyesindeki nöral senkronizasyon yoluyla dikkate değer bir kesinlikle temsil etmektedir. Konuşma arka plan gürültüsüne gömüldüğünde genliği azalmakta ve zaman içinde latansı uzamaktadır (42). Beyin sapı düzeyinde arka plan gürültüsünde konuşma ile bu zayıflamış nöral senkronizasyonu gösteren dinleyiciler, davranışsal gürültüde konuşma algılama görevlerinde de düşük performans göstermektedirler (14,42). Bu bulgular, gürültüde konuşmanın başarılı bir şekilde algılanmasının, beyin sapındaki konuşma sinyalinin kodlamasının bütünlüğüne bağlı olduğunu göstermektedir, eğer konuşma sinyali yeterince kodlanmışsa, başarılı algılama mümkün olabilmektedir.

İşitsel sinyalin işlenmesi beyin sapının ötesinde devam ettikçe, beyin tepkilerindeki bu bozulmalar ve sonrasında davranışsal performans, korteksten kaynaklanan işitsel uyarılmış potansiyellerdeki sistematik, gürültü kaynaklı değişikliklerle ilişkilendirilebilmektedir (44). Önemli olarak, KIUP'ler *top-down* işlemeden etkilenebilmektedir. Örneğin, gürültüde konuşmanın duysal işlenmesinde kullanılan KIUP'ler, yetişkin dinleyicilerin pasif olarak dinledikleri zamana kıyasla dikkati konuşma seslerine yönlendirdiğinde gelişmiştir (19, 45). Bu bulgular, gürültüde konuşmayı dinlerken aktif olduğu bilinen daha yüksek seviyeli bilişsel yeteneklerin daha önceki işlem aşamalarında mevcut olan bozulmuş sinirsel kodlamayı telafi edebileceğini göstermektedir.

2.4. Elektrofizyolojik Ölçümler

Gürültüde konuşma yeteneği, elektrofizyolojik yöntemler kullanılarak, öncelikle çeşitli subkortikal (işitsel beyin sapı yanıtı ve *frequency following response*) ve kortikal uyarılmış potansiyeller kaydedilerek de incelenebilmektedir.

Kortikal işlemenin erken seviyesinde, KİUP üç tepe kompleksinden oluşmaktadır. P1-N1-P2, dinleyicinin aktif katılımı olmadan kaydedilebilmektedir ve akustik bir değişiklik tarafından uyarılan geçici bir yanıttır (tipik olarak sessizlikten ses başlangıcına kadar) (46-50). P1-N1-P2 genellikle merkezi işitsel sistemde talamo-kortikal bağlantılardaki yapıların senkronize nöral aktivitesini ve algısal olayların altında yatan ses kodlamasını yansıtmaktadır (47). Özellikle, tonlar veya konuşma gibi sesler duyulabilir olduğunda, ancak diğer seslerden ayırt edilmeleri gerekmediğinde N1 bileşeni mevcut olmaktadır (51,52). N1, pasif bir dinleme koşulunda zorunlu bir yanıt olarak ortaya çıkmakta ve öncelikle uyarın özelliklerinin korteks seviyesine kadar duyusal işlemeyi yansıtmaktadır. Bununla birlikte, yanıt erken dikkat süreçlerinden etkilenmektedir. (47,52-55). Naatanen ve ark. (1992) tarafından gösterildiği gibi, KUIP'in N1 dalgası, bu kortikal bileşene yol açan en az üç jeneratöre sahiptir. N1 dalgasının bir jeneratörünün işitsel ortamdaki akustik değişikliklere en duyarlı olduğu düşünülürken, N1 dalgasının ikinci ve üçüncü jeneratörlerinin erken dikkat süreçlerini ve işitsel bir yönlendirme tepkisini temsil ettiği düşünülmektedir. (47,56). N1'in genliği, uykulu olma koşulları altında azalmakta ve uyarana açık bir şekilde dikkat edildiğinde artar gibi görünmektedir (47,57,58). Bu nedenle P1-N1-P2, erken akustik ve dikkatle işitsel *top-down* işlemeyi içeren, ancak bilinçli işitsel ayırım, hafıza veya karar verme öncesinde informasyonel maskeleyenin sinirsel kodlama üzerindeki etkisini incelemek için bir yöntem sağlamaktadır.

Birkaç çalışma P1-N1-P2'yi ortaya çıkarmak için konuşma hecelerini kullanmış olsa da çok azı hem fonetik hem de dilsel yapıya sahip, doğal olarak konuşulan kelimeleri kullanmıştır. Uyarın içinde ünsüz ve sesli harf değişiklikleri olan daha karmaşık konuşma uyarınları, farklı fonem dizileri için farklı morfolojiler ile sonuçlanan çoklu örtüşen P1-N1-P2 yanıtlarını ortaya çıkarabilmektedir (48,59,60).

Bir çalışma, P1-N1-P2 morfolojisinin, kelimelerdeki spektral ve zamansal özellikleri yansıtan, tek bir konuşmacının doğal değişkenliğine yakın konuşulan kelimeler

için olduğunu göstermektedir (61). Önemli olarak, bu çalışma ve diğerleri, karmaşık konuşma uyarılarına yönelik P1-N1-P2 dalga biçimi modellerinin, gürültüde konuşma algısının erken bir seviyesinden akustik konuşma özelliklerinin kodlanması üzerine araştırmalarda kullanım için yeterince sağlam ve güvenilir olduğunu göstermektedir (46,62-64).

Akustik değişim kompleksi (ADK), uyarının akustik parametrelerindeki bir değişikliğe yanıt olarak ortaya çıkan zorunlu bir kortikal işitsel uyarılmış potansiyeldir. Bu tepki, kişi pasif bir şekilde dinliyor olsa bile ortaya çıkmaktadır. 3 bileşenden oluşmasıyla KIUP başlangıç yanıtına benzemektedir, P1-N1-P2. Uyarın başlangıcına göre KIUP başlangıçlı yanıt bileşenlerinin latansı sırasıyla yaklaşık 50, 100 ve 200 ms iken, ADK bileşenleri uyarındaki akustik değişikliğin başlangıcına göre 10-40 ms gecikmelidir. Kortikal işitsel uyarılmış potansiyel başlangıçlı yanıtların beyin jeneratörleri, primer işitsel korteksteki diğer alanların yanı sıra Heschl girusu ve planum temporalini içermektedir.

Martin & Boothroyd (1999a), ADK'nın uyarın-cevap özellikleri üzerinde önemli deneyleri tamamlamışlardır (65). İlk önce normal işitmeye sahip on yetişkini test edilmiş ve KIUP'leri uyarmak için aynı spektrum ve rms genliğine sahip periyodik ve periyodik olmayan uyarınlar kullanılmıştır. Periyodik ve periyodik olmayan ses arasındaki farklar nedeniyle ince spektrumlar farklı olmaktadır. Uyarın paradigması, 400 ms periyodik olmayan gürültünün hemen ardından 400 ms periyodik gürültü veya tersinden oluşmaktadır. Uyarıcı periyodikliğindeki değişikliğin tek başına akustik değişim kompleksini uyurabileceğini bulunmuştur. Bu sonuçlar, ADK'nın korteksteki uzaysal zamansal aktiviteyi araştırmak için faydalı olduğunu öne sürmektedir.

Bir çalışma sadece 2-3 dB SPL uyarın genliği değişikliklerinin akustik değişim kompleksini uyurabileceğini doğrulamaktadır (66). Normal işitmeye sahip sekiz yetişkin, /uu/ veya /ui/ sesli harf çiftleriyle test edilmiştir. Çiftin ikinci sesli harfin genliği, uyarıcının ilk bölümündekine göre sistematik olarak -5 ila 5 dB SPL arasında değişmektedir. Sonuçlar, /uu/ çiftinde, ikinci uyarın için 2 ila -3 dB SPL veya -4 ila -5 dB SPL bir genlik farkının, spektral zarftaki değişikliklerden bağımsız olarak akustik değişim kompleksi uyurabileceğini göstermektedir. Hem spektral hem de genlik ipuçlarının (örneğin, /ui/) birleştirilmesi, tek başına genlik veya spektral değişime kıyasla daha büyük genlik ADK ile sonuçlanmıştır.

Akustik değişim kompleksi, sessiz bir boşluğa tepki olarak da meydana gelebilmektedir. Bir çalışmada işitme eşikleri ≤ 20 dB SPL olan 26 yetişkini 250 ila 8000 Hz arasında test edilmiştir. Dinleyiciler, boşluk tespiti, frekans değişimi ve şiddet değişimi paradigmaları için davranışsal ve elektrofizyolojik ölçümlere katılmışlardır. Davranışsal boşluk algılama eşiği ölçümleri, ortalama 4,89 ms ile 4,1 ila 6,6 ms arasında değişmektedir. Akustik değişim kompleksini ortaya çıkaran elektrofizyolojik boşluk algılama eşikleri, ortalama 5,25 ms ile 5,0 ila 8,0 ms arasında değişmektedir. Davranışsal frekans değişim eşikleri ortalama 3,55 Hz ile 1,9 ila 5,7 Hz arasında değişmektedir. Akustik değişim kompleksini ortaya çıkaran elektrofizyolojik frekans değişim eşikleri, ortalama 5,81 Hz ile 5,0 ila 10,0 Hz arasında değişmektedir. Davranışsal şiddet değişikliği eşiği, ortalama 1,77 dB ile 1 ila 2,44 dB arasında değişmiştir. Akustik değişim kompleksini ortaya çıkaran elektrofizyolojik şiddet değişim eşikleri, ortalama 2.0 dB ile 1.0 ila 3.0 dB arasında değişmiştir. Bu sonuçlar, frekans ve şiddet ayrımı için davranışsal ve elektrofizyolojik sonuçlar arasında önemli bir korelasyon olduğunu göstermektedir. Boşluk tespiti ve frekans ADK sonuçlarının davranış testlerinden daha az hassas olduğu görülmüştür, ancak test edilen her katılımcıda bir ADK elde edilmiştir. Araştırmacılar genlik, frekans ve boşluk tespitinde algısal ve uyarılmış potansiyel ölçümleri arasındaki farklılıklarına rağmen sadece fark edilebilir farklılıkların ADK'nın bu sinyal parametrelerinin hassasiyetini tahmin etmek için kullanılabileceğini öne sürmektedir.

Hem enerjik hem de informasyonel maskelemenin, dilsel ve dilsel olmayan uyanlarla uyarılan KIUP'ler, ADK ve P300 üzerindeki etkileri, gürültüde konuşma algısında beyin mekanizmalarına ilişkin durumu anlamak için incelenmiştir. Örneğin, bir çalışmada 20, 15, 10, 5, 0 ve -5 dB SPL SGO'da konuşma şeklindeki gürültüde sunulan, doğal olarak üretilen bir sessiz-sesli harf belirteci /sa/'yı dinleyen normal işitmeye sahip (250-8000 Hz'de ≤ 20 dB SPL) on beş genç yetişkin test edilmiştir (68). Ayrıca 20, 10 ve 0 dB SPL SGO'da doğal olarak üretilen /s/ ve 15, 5 ve -5 dB SPL SGO'da doğal olarak üretilen bir /a/ ile test edilmiştir. Daha zayıf SGO durumunda (5 dB SPL veya daha düşük), başlangıç KIUP yanıt bileşenlerinin, daha uygun SGO durumlarına (10 dB SPL veya daha yüksek) kıyasla daha uzun latanslara ve daha düşük genliklere sahip olduğu görülmüştür. En zayıf SGO durumlarında, /s/ ünsüzünün yanıtları neredeyse tamamen maskelenmiştir. /a/ sesli harfine verilen yanıt azalırken, tüm SGO değerlerinde gözlenmiştir. /sa/ ünsüz-ünlü hecesinde yanıtların /a/'ya kıyasla tek başına daha düşük genliğe sahip olduğu, sesli harfe verilen yanıtın baskın olduğu görülmüştür, bu da maskelemenin bağlantılı konuşma

sesleri üzerinde tek tip bir etkiye sahip olmadığını göstermektedir. Araştırmacılar, bu sonuçların, nöronların refrakter periyodunun farklılıklara neden olabileceğini öne sürmektedir, çünkü özellikle sürtünmeli /s/ uyarınının maskelemeye sinyalden daha fazla yanıt vereceğini ve bir sonraki /s/ üretildiğinde refrakter periyotta daha fazla nöron bırakarak yanıt verecek daha az nöron bırakacağını ve bunun da genel yanıtı maskelediğini öne sürmektedir. Bu, bir sonraki /s/ üretildiğinde refrakter periyotta daha fazla nöron ayrılarak yanıt verecek olan daha az nöron bırakmakta ve bu da genel yanıtı maskelemektedir.

İnformasyonel ve enerjik maskelemenin ADK üzerindeki etkileri araştırılmıştır (69). ADK'yı ortaya çıkarmak için, /ui/ sesli harf çifti olan Martin & Boothroyd (1999b) ile aynı uyarı kullanılmıştır (66). 10 dB SPL SGO'da sunulan üç farklı maskeleme kullanılmıştır. Katılımcılar normal işiten 18 genç yetişkinden oluşmaktadır. Maskeleme gürültü tipleri olarak 2 konuşmacılı gürültü, 8 konuşmacılı gürültü ve konuşma spekturumlu gürültü kullanılmıştır. Her bir gürültü testi koşulu ve sessizlikte tamamlanan testler arasında ADK genliğinde önemli azalmalar ve latanslarında önemli uzamalar gözlenmiştir. Ek olarak, konuşma spekturumlu maskeleme gürültüsüne kıyasla 2 ve 8 konuşmacılı gürültü tipi için ADK genliğinde daha fazla azalma gözlenmiştir, ancak latanstaki uzama anlamlı bulunmamıştır. Araştırmacılar bu sonuçları, informasyonel maskelemenin (8 veya 2 konuşmacılı gürültü) bir konuşma kontrastının ortaya çıkardığı ADK üzerinde tamamen enerjik maskelemeden daha fazla etkiye sahip olduğunu öne sürmüşlerdir.

2.5. Gürültü Tipinin Kortikal İşitsel Uyarılmış Potansiyeller Üzerindeki Etkisi

Gürültünün genlik ve latans üzerindeki genel etkileri, gürültü tipleri arasında tutarlı görünse de yapılan yetişkin çalışmaları, duyusal ve bilişsel KUIP'lerin ekolojik olarak daha geçerli olan konuşma gürültüsünden farklı şekilde etkilenebileceğini göstermiştir (19,70). Spesifik olarak, kararlı durum (*steady-state*) gürültüsünün varlığında hem duyusal (N1) hem de bilişsel (P3) KUIP'lerin bozulması, sinyalin duyusal kodlaması ve sonraki bilişsel işlenmesi ile etkileşimi düşündürürken, gürültü, farklı mesajlarla örtüşen çok sayıda konuşmacıdan oluştuğunda (çok konuşmacılı gürültü) bilişsel KUIP'ler daha fazla bozulmaktadır. Bilişsel KUIP'lerdeki bu ek değişiklikler konuşmanın akustik

özelliklerinin kodlanması sırasında daha fazla azalma olmamasına rağmen, arka plandaki çok konuşmacılı gürültünün, amaçlanan konuşma sinyalini müdahale eden gürültüden sürekli olarak ayırmak için gereken dikkat ve bilişsel kaynaklar üzerinde ek zararlı etkileri olduğunu göstermekte ve bu informasyonel maskeleye olarak adlandırılmaktadır (8,71).

Bir çalışma, N1 cevabının gürültü varlığından en az, N2 cevabının ise gürültü varlığından daha fazla etkilendiğini göstermektedir (50). Geniş bant gürültü maskeleye seviyesi arttıkça N1 ve P3 genlikleri azalmakta ve latansları artmaktadır. Başka bir çalışma ise gürültü seviyelerindeki artışla ADK dalga morfolojisinin bozulduğunu ve gürültüde sese başlama tepkisinin ADK tepkisinden daha fazla etkilendiğini belirtmektedir (72).

Gürültünün KUIP'ler üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalarda, gürültüde sunulan uyarıların spektral özellikleri ve periyodiklik farklılıkları ile gürültü tipinin de önemli olduğu belirtilmektedir. Örneğin, çok konuşmacılı gürültünün uyarılmış potansiyelleri /ui/ uyarısıyla konuşma şeklindeki gürültüden daha fazla etkilenecek N1-P2 genliklerinde daha büyük bir azalmaya neden olduğu gösterilmektedir (69). Başka bir çalışmada, dört gürültü tipi karşılaştırmış ve konuşma seslerini içeren gürültünün ses başlangıcı N1 latansını en fazla uzatan gürültü tipi olduğu gösterilmiştir (19).

Son zamanlarda yapılan bir çalışma, farklı gürültü tiplerinin, farklı konuşma becerilerine sahip iki katılımcı grubunda ses başlangıcı ve ses değişikliği ile uyarılmış kortikal tepkiler üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamıştır. 18-30 yaş arası 30 katılımcı çalışmaya dahil edilmiştir. Gürültü testinde konuşmadan alınan puanların ortanca değerine göre katılımcılar iki gruba ayrılmıştır. Elektrofizyolojik ölçümlerde, uyarı /ui/ sessizlikte, beyaz gürültüde ve *International Collegium for Rehabilitative Audiology (ICRA)* gürültüsünde iki SGO altında sunulmuştur. Ses başlangıcı ve ses değişikliği ile uyarılmış N1 latansları ve N1-P2 genlikleri koşullar ve gruplar arasında karşılaştırılmıştır. Ses başlangıçlı N1 latansları her iki SGO altında her iki gürültü türünde de uzamıştır, sessizlikte alınan cevaplara kıyasla her iki SGO koşulunda ICRA gürültüsünde N1-P2 genlikleri daha düşük bulunmuştur. ICRA gürültüsü altında aynı SGO'deki latanslar ve genlikler, beyaz gürültüye kıyasla sırasıyla daha yüksek ve daha düşük bulunmuştur. Ses değişimi N1 latansları +10 dB SPL SGO ICRA gürültüsünde ve +5dB SPL SGO beyaz gürültüde sessizlikte sunulan duruma kıyasla daha yüksek, N1-P2 genlikleri, ICRA +5dB SPL, +10dB SPL SGO'da ve beyaz gürültüde +5Db SPL SGO'de sessiz duruma göre daha

düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda gürültü varlığının ses başlangıç yanıtını değiştirdiğini ve ses değişiminin N1 tepkilerini değiştirdiğini, uyarılmış tepkiye göre gürültü tiplerinin etkisinin değiştiğini savunmuşlardır.

Hem enerjik hem de informasyonel maskelemenin P300 latansı ve genliği üzerinde ölçülebilir etkileri bulunmaktadır. Bir çalışmada dinleyicilerin iki farklı konuşma sinyali (/da/ ve /ba/) ile iki farklı ton sinyali (500 Hz ton ve 1000 Hz ton) arasındaki farka yanıt vermesini sağlayarak P300'ü cevabı tespit edilmiştir (70). Katılımcılar sessiz ve sabit durumdaki gürültüde, kesintili gürültüde ve 4 konuşmacılı gürültüde test edilmiştir. 4 konuşmacılı gürültü durumu, P300 genliğini azaltmış ve latans kararlı durum ve kesintili gürültü ile karşılaştırıldığında uzamıştır ve bu, konuşma olmayan kontrasta kıyasla konuşma kontrastı için daha belirgin bulunmuştur. Ayrıca, araştırmacılar P300 bulguları ile algısal maskeleme etkisi arasında bir ilişki bulmuşlardır. Araştırmacılar, P300'ün informasyonel maskelemenin fizyolojik bir korelasyonu olarak kullanılabileceğini öne sürmektedir.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma, Başkent Üniversitesi Hastanesi KBB- Odyoloji Bölümü ve Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Odyoloji Bölümü'nde yapılmıştır. 01/09/2021 tarihinde etik kurul onayı alınmıştır.

3.1. Katılımcılar

Çalışmada 30 katılımcı yer almıştır. Dahil edilme kriterleri aşağıda verilmiştir.

1. 18-35 yaş arasında olmak,
2. 20 dB işitme seviyesi (İS) ve daha iyi işitme eşiklerine sahip olmak,
3. %92 ve üstü konuşmayı ayırt etme skoruna sahip olmak,
4. Nörolojik ve psikiyatrik problemi olmamak,
5. Psikiyatrik ilaç kullanmamak,
6. Geçirilmiş orta kulak problemine sahip olmamak,
7. Herhangi bir işitme patolojisi ve işitmesiyle ilgili şikâyeti olmamak

Dahil edilmeme kriterleri aşağıda verilmiştir.

1. Nörolojik ve psikiyatrik ilaç kullanmak,
2. 20 dB'den daha yüksek işitme eşiklerine sahip olmak,
3. %92 ve altı konuşmayı ayırt etme skoruna sahip olmak,
4. Geçirilmiş orta kulak problemine sahip olmak,
5. Herhangi bir işitme patolojisine sahip olmak,
6. Gürültüye maruziyeti olmak

Katılımcıların yetişkin bireylerden seçilmesinin sebebi kortikal cevapların bu dönemde maturasyonunu tamamlanmış olması ve literatürde var olan çalışmalarda yetişkinlerin yer almış olmasıdır. Gözlemsel çalışma dizaynı olduğu için araştırmada

kontrol grubu yoktur. Katılımcıların pasif bir dinleme sırasında elde edilen kortikal cevapları değerlendirilmiştir.

3.2. Uyarılar

Çalışmamızda konuşma uyararı olarak /sa/ hecesi kullanılmıştır. Hacettepe Üniversitesi Odyoloji Laboratuvarında kadın bir konuşmacı tarafından doğal olarak üretilen bir /sa/ hecesi kaydı alınmıştır. /sa/ uyarısının sunum seviyesi, ses seviyesi ölçer ile ölçüldüğü üzere 65 dB ve süresi 450 ms idi.

Arka plan gürültüsü olarak iki farklı gürültü tipi kullanılmıştır. Biri beyaz gürültü diğeri ise çok konuşmacılı gürültüdür. Sinyal gürültü oranı olarak ise 0 dB SPL ve +10 dB SPL kullanılmıştır.

Beyaz gürültü, 100-8000 Hz aralığındaki frekansları maskelemek için kullanılmaktadır ve tüm frekanslarda eşit akustik enerji taşımaktadır.

Çok konuşmacılı gürültü, üç erkek ve üç kadın konuşmacı tarafından farklı konulardaki günlük Türkçe kelimelerden oluşan basit bir dildeki metinlerin standart lehçede ve normal bir tonlamada doğal bir hızda her bir konuşmacı tarafından ayrı ayrı okunarak kaydedildiği gürültüdür.

3.3. Prosedür

Test, Faraday kafesli odada, Neuroscan 4.3 elektroensefalografi (EEG) sistemi ile 20 kanallı EEG kepi kullanılarak yapılmıştır. Katılımcıların rahat bir koltukta oturmaları sağlanmış, 20 kanallı EEG kepi yerleştirilmiş ve her iki kulak memesi referans elektrod olarak kullanılmıştır. Toprak elektrotu olarak Fpz kanalı kullanılmıştır. İletken olan EEG jeli kepin üzerinde bulunan deliklerden elektrod ile saçlı deri arasına uygulanmıştır. Bütün elektrodlar için 0-5 ohm empedans değeri elde edildikten sonra teste başlanmıştır.



Şekil 3.1. Test Prosedürü

Uyaran olarak /sa/ hecesi kullanılmıştır. Beyaz gürültü ve çok konuşmacılı gürültü 0 ve 10 dB SPL SGO'da arka plana eklenmiştir. /sa/ uyarını arka plan gürültüsü olmadan da (sessizlikte) sunulmuştur.

Her uyaran bloğu, 1500 ms'nlik bir uyaranlar arası aralık kullanılarak homojen bir dizide sunulmuştur. Uyaran tipi test sırası denekler arasında randomize olarak sunulmuştur ve her uyaran tipi içinde SGO sırası denekler arasında randomize edilmiştir. Her test bloğunda tek bir SGO koşulu sunulmuştur. Her bir blok katılımcıların 1 metre uzaklığında bulunan hoparlör ile sunulmuştur. Deneklere uyarıyı görmezden gelmeleri, kendi seçtikleri altyazısız, sessiz bir film izlemeleri ve baş ve vücut hareketlerini en aza indirmeleri talimatı verilmiştir. Her koşul/blok için 200 uyaran sunumu kaydedilmiştir. Veri toplama, katılımcı başına yaklaşık 3 saat sürmüştür.

Tablo 3.1. her bir uyaran koşulunu göstermektedir.

Tablo 3.1. Uyaran Koşulları

Uyaran	dB SPL	Gürültü Tipi
/sa/	65	Sessiz ortam
	SGO	
/sa/	0	Beyaz gürültü
/sa/	10	Beyaz gürültü
/sa/	0	Çok konuşmacılı Gürültü
/sa/	10	Çok konuşmacılı Gürültü

Farklı koşullar altında elde edilen bireysel dalga biçimlerinin ortalaması alınarak, her koşul için Cz elektrotundan tüm katılımcıların ortalama dalga biçimleri elde edilmiştir. Otomatik bir tepe noktası tespit algoritması ile N1/sa/ için 140–240 ms aralıklardaki tepe noktalarını tanımlanmıştır. Ses başlangıçlı N1 cevapları bu dalga formlarında işaretlenmiştir. Genliğin olduğu denemeler 100 μ V eşik değerini aşanlar reddedilmek üzere işaretlenmiştir. Artefakt reddedildikten sonra kalan taramaların ortalaması alınmıştır.

Her katılımcının bireysel dalga formlarındaki bu latans aralıklarındaki maksimum negatif ve pozitif tepe noktaları, EEG Lab ve ERP Lab programları kullanılarak otomatik olarak N1 cevapları olarak işaretlenmiştir. Sonuç olarak, ses başlangıcı için N1 cevap latansları ve genlikleri istatistiksel analiz için elde edilmiştir.

Elektroensefalografi (EEG) analizleri EEG Lab (Delorme and Makeig, 2004) ve ERP Lab (Lopez-Calderon and Luck, 2014) ile gerçekleştirilmiştir. EEG Lab ve ERP Lab programları ham EEG verilerinin işlenerek uyarılmış potansiyel cevaplarının elde edilmesi, bu cevaplardaki çalışmada konusu olan tepe noktalarının belirlenmesi ve bu tepe noktalarının genlik ve latans (oluşma zamanı) değerlerinin sayısal olarak elde edilmesi için kullanılan programlardır.

Verilerin analizi her bir katılımcıdan elde edilen ham EEG verileri EEG Lab programı kullanılarak önce programın işleyebileceği formata getirilip, ardından ERP Lab programı kullanılarak artefakt reddetme (istenmeyen voltaj değişikliklerini veriden

çıkarmak) özellikleri kullanılarak zamana kilitli uyarılmış potansiyel cevapları elde edilmiştir. Bunun ardından her bir bireyin her oturum için elde edilen uyarılmış potansiyel dalga formlarının ortalamaları ERP Lab programı kullanılarak alınmıştır. Her bir katılımcı için elde edilen ortalama dalga formlarındaki genlik değerleri microvolt, latans değerleri ise milisaniye cinsinden yine ERP Lab programı kullanılarak ölçülmüştür.

3.4. İstatistiksel Analiz

Veriler SPSS versiyon 22 paket programı (Statistical Package for Social Sciences v.15, IBM, Chicago, IL) kullanılarak analiz edilmiştir. Normallik kontrolü için Kolmogorov-Smirnov testi uygulanmıştır. Normal dağılım koşulunu sağlayan değişkenler için tanımlayıcı istatistik olarak ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum değerler verilmiştir. Normal dağılan değişkenlere ait iki bağımlı grup karşılaştırması için Paired Samples T test kullanılmıştır. İstatistik anlamlılık seviyesi p 0,05 olarak alınmıştır.

4. BULGULAR

Otuz kişi kendi istekleriyle çalışmaya dahil edilmiştir, ancak 16 kişi yeterli nöral cevap alınmaması nedeniyle çalışma dışı bırakılmıştır. Dolayısıyla çalışma 9'i kadın, 5'i erkek olmak üzere toplam 14 kişi ile tamamlanmıştır. Katılımcılar 18-30 yaş aralığında ve yaş ortalaması 23,4 (SS=3,32) idi. Tüm katılımcılar metodolojide listelenen dahil edilme kriterlerini karşılamıştır. Hiçbir denek konuşma/dil bozukluğu (ya da hiç konuşma terapisi görmemiş), öğrenme, psikiyatrik, nörolojik bozukluk tanısı veya kulak hastalığı öyküsü bildirilmemiştir.

4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

14 katılımcıdan sessizlikte ve +10 dB SPL SGO'da beyaz gürültü ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarını ses başlangıcı ile oluşan N1 latansları ve genlikleri Tablo 4.1. 'de gösterilmiştir.

Tablo 4.1. Katılımcıların tanımlayıcı istatistiksel verileri

n	Değişken	Ort.(ms)	SS	Min.	max.
14	Sessiz N1 latansı	128,42	±15,86	101	156
14	Beyaz gürültü +10 dB SPL SGO N1 latansı	146,57	±9,92	129	166
14	Çok konuşmacılı gürültü +10 dB SPL SGO N1 latansı	150,57	±12,71	131	177
		Ort. (µV)			
14	Sessiz N1 genliği	-2,6	±0,50	-3,70	-1,83
14	Beyaz gürültü +10 dB SPL SGO N1 genliği	-1,88	±0,21	-2,30	-1,53
14	Çok konuşmacılı gürültü +10 dB SGO SPL N1 genliği	-1,17	±0,42	-2,03	-0,63

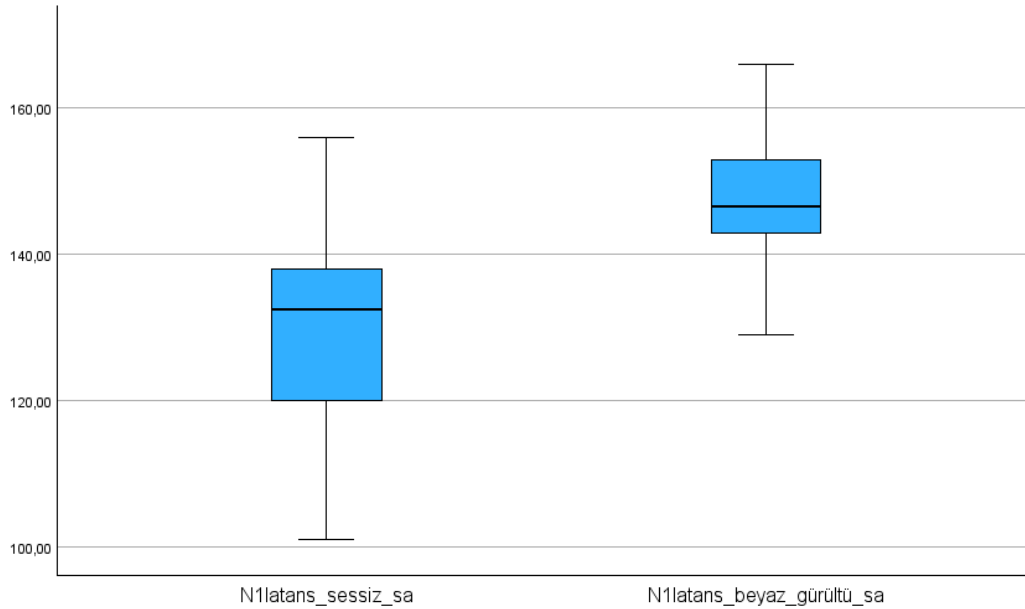
4.2. Uyarılmış Potansiyellerin Değerlendirilmesi

4.2.1. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarınının başlangıç n1 cevap latanslarının karşılaştırılması

Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarısına ait olan cevapların latansları bağımlı örneklem t testi ile karşılaştırılmış, beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarını latans değerleri (ort= 146,57 SS= ±9,92) sessizlikte sunulan /sa/ uyarısına göre (ort= 128,42 SS= ±15,86) daha uzun olarak elde edilmiştir ($p<0,05$) (Şekil 4.1., Tablo 4.2.)

Tablo 4.2. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyararı ile elde edilen ses başlangıcı N1 latansları için istatistiksel değerler

Uyaran	Ort.(ms)	SS
Sessiz /sa/ N1 latansı	128,42	±15,86
Beyaz Gürültü +10 dB SPL SGO /sa/ N1 latansı	146,57	±9,92



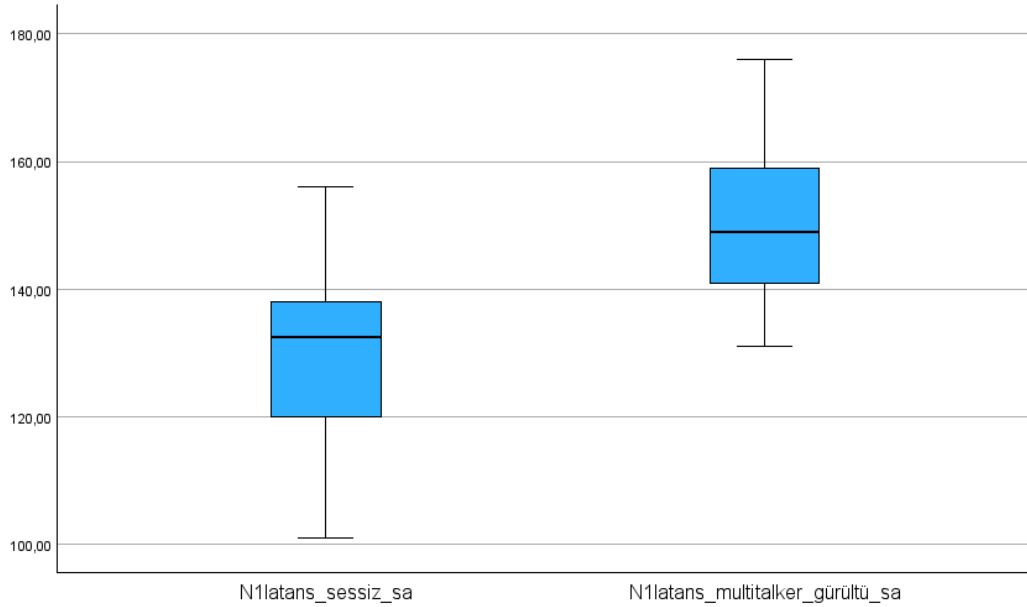
Şekil 4.1. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyararı için elde edilen ses başlangıcı N1 latanslarının karşılaştırılması

4.2.2. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının başlangıç n1 cevap latanslarının karşılaştırılması

Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısına ait olan cevapların latansları bağımlı örneklem t testi ile karşılaştırılmış, çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarı için latans değerleri (ort= 150,57 SS= ±12,71) sessizlikte sunulan /sa/ uyarısına göre (ort= 128,42 SS= ±15,86) daha uzun olarak elde edilmiştir (p<0,05) (Şekil 4.2., Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarı ile elde edilen ses başlangıcı N1 latansları için istatistiksel değerler

Uyaran	Ort.(ms)	SS
Sessiz /sa/ N1 latansı	128,42	±15,86
Çok konuşmacılı gürültü +10 dB SPL SGO /sa/ N1 latansı	150,57	±12,71



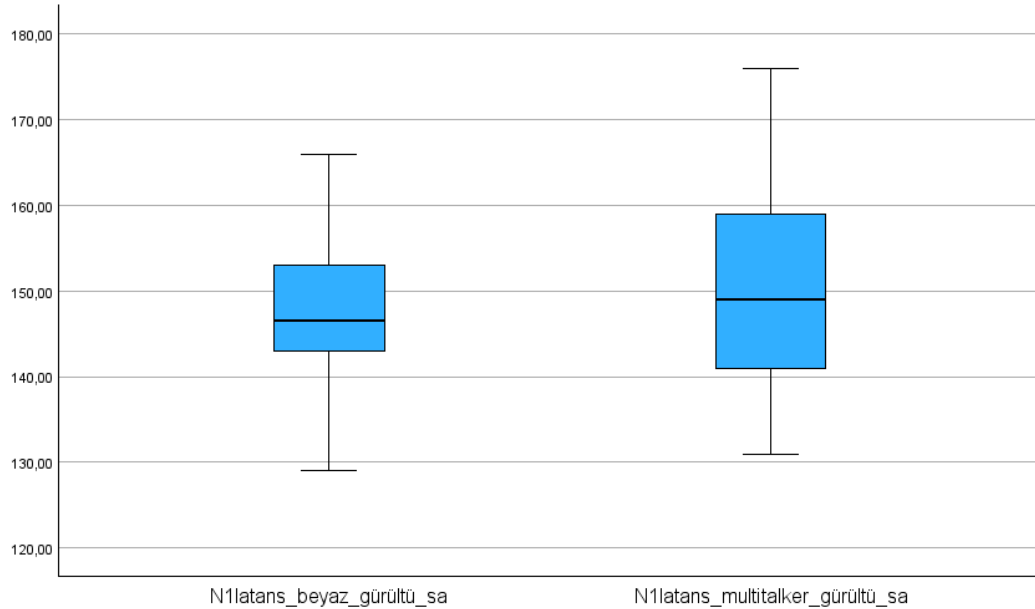
Şekil 4.2. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarı için elde edilen ses başlangıcı N1 latanslarının karşılaştırılması.

4.2.3. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının başlangıç n1 cevap latanslarının karşılaştırılması

Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı sunulan /sa/ uyarısına ait olan cevapların latansları bağımlı örneklem t testi ile karşılaştırılmış, beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyararı için latans değerleri (ort= 146,57 SS= $\pm 9,92$) ile çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyararı için latans değerleri (ort= 150,57 SS= $\pm 12,71$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır (p=0,255) (Şekil 4.3., Tablo 4.4.)

Tablo 4.4. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyararı ile elde edilen ses başlangıcı N1 latansları için istatistiksel değerler

Uyaran	Ort.(ms)	SS
Beyaz gürültü +10 dB SPL /sa/ N1 latansı	146,57	$\pm 9,92$
Çok konuşmacılı gürültü +10 dB SPL SGO /sa/ N1 latansı	150,57	$\pm 12,71$



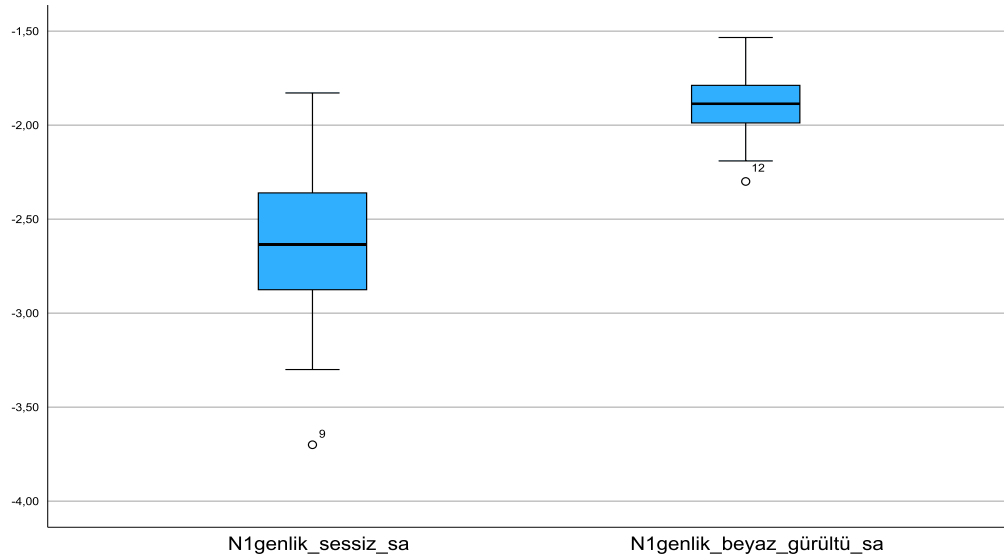
Şekil 4.3. Beyaz gürültü ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyararı için elde edilen ses başlangıcı N1 latanslarının karşılaştırılması.

4.2.4. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarınının başlangıç n1 genliklerinin karşılaştırılması

Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısına ait olan cevapların genlikleri bağımlı örneklem t testi ile karşılaştırılmış, beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyararı için elde edilen genlik değerleri (ort=-1,88 SS= ±0,21) sessizlikte sunulan /sa/ uyarısına göre (ort= ort=-2,64 SS= ±0,50) daha düşük olarak elde edilmiştir (p<0,05) (Şekil 4.4., Tablo 4.5.)

Tablo 4.5. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyararı ile elde edilen ses başlangıcı N1 genlikleri için istatistiksel değerler

Uyararı	Ort. (μV)	SS
Sessiz /sa/ N1 genliği	-2,64	$\pm 0,50$
Beyaz Gürültü +10 dB SPL SGO /sa/ N1 genliği	-1,88	$\pm 0,21$



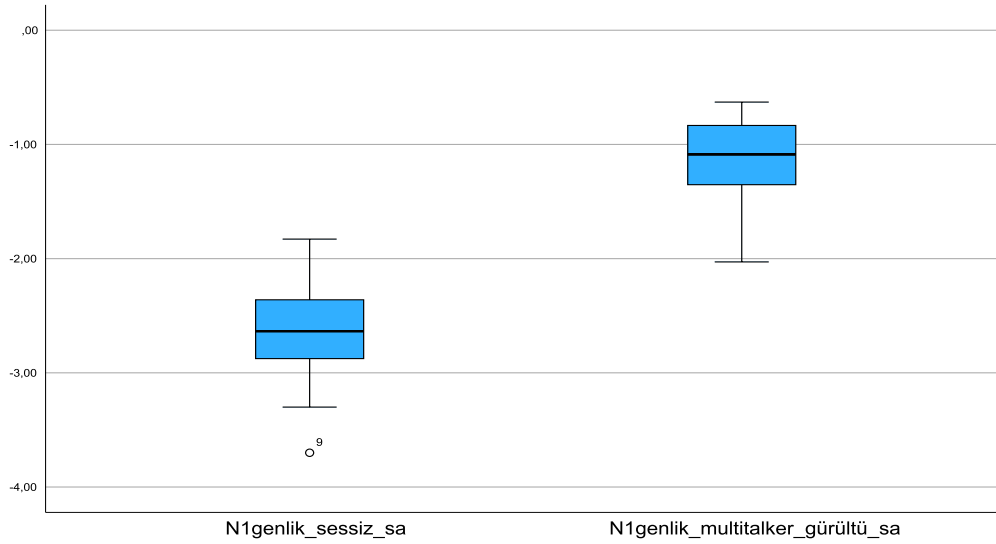
Şekil 4.4. Sessizlikte ve beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyararı için elde edilen ses başlangıcı N1 genliklerinin karşılaştırılması.

4.2.5. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının başlangıç n1 genliklerinin karşılaştırılması

Sessizlikte ve çok konuşmacılı sunulan /sa/ uyarısına ait olan cevapların genlikleri bağımlı örneklem t testi ile karşılaştırılmış, çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısı için elde edilen genlik değerleri (ort=-1,17 SS= ±0,42) sessizlikte sunulan /sa/ uyarısına göre (ort=-2,64 SS= ±0,50) daha düşük olarak elde edilmiştir (p<0,05) (Şekil 4.5., Tablo 4.6.)

Tablo 4.6. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısı ile elde edilen ses başlangıcı N1 genlikleri için istatistiksel değerler

Uyaran	Ort. (μ V)	SS
Sessiz /sa/ N1 genliği	-2,64	\pm 0,50
Çok konuşmacılı Gürültü +10 dB SPL /sa/ N1 genliği	-1,17	\pm 0,42



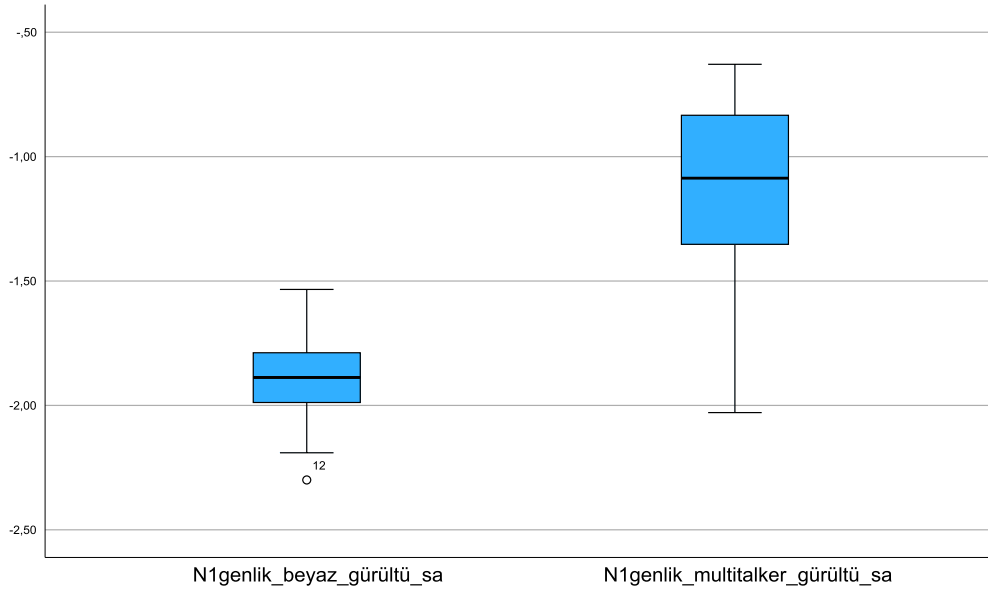
Şekil 4.5. Sessizlikte ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarısı için elde edilen ses başlangıcı N1 genliklerinin karşılaştırılması.

4.2.6. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarının başlangıç n1 genliklerinin karşılaştırılması

Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı sunulan /sa/ uyarısına ait olan cevapların genlikleri bağımlı örneklem t testi ile karşılaştırılmış, çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarını için elde edilen genlik değerleri (ort=-1,17 SS= ±0,42) beyaz gürültüde sunulan /sa/ uyarısına göre (ort=-1,88 SS= ±0,21) daha düşük olarak elde edilmiştir (p<0,05) (Şekil 4.6., Tablo 4.7.)

Tablo 4.7. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarın ile elde edilen ses başlangıcı N1 genlikleri için istatistiksel değerler

Uyaran	Ort. (μV)	SS
Beyaz gürültü +10 dB SPL /sa/ N1 genliği	-1,88	$\pm 0,21$
Çok konuşmacılı gürültü +10 dB SPL /sa/ N1 genliği	-1,17	$\pm 0,21$



Şekil 4.6. Beyaz gürültüde ve çok konuşmacılı gürültüde sunulan /sa/ uyarını için elde edilen ses başlangıcı N1 genliklerinin karşılaştırılması.

5. TARTIŞMA

Rakip konuşmacıların bulunduğu bir ortamda bir konuşmacıyı anlama zorluğu, çeşitli deneysel paradigmlar kullanılarak geniş çapta incelenmiştir. Gürültülü ortamlarda konuşmayı anlama güçlüklerine ilişkin subjektif raporlarda söz konusu ortamların sıklıkla hem rakip konuşmacıları hem de arka plan gürültüsünü içermesi muhtemeldir (73,74)

Bu çalışmanın amacı, enerjik ve informasyonel arka plan gürültü maskeleyicilerinin, konuşma uyararı ile ilgili bir başlangıç tepkisine verilen nöral tepki üzerindeki etkilerini incelemektir. Beyaz gürültü kullanarak tamamen enerjik maskeleme ve 6 konuşmacılı gürültü kullanarak informasyonel maskeleme ile bir konuşma uyararının başlangıç cevabını kaydederek, nöral tepkinin genliği ve latansı üzerinde bir etki hiyerarşisi görmeyi bekliyorduk. Bu konuyla ilgili daha önceki bulgular dikkate alındığında bu alanda daha fazla araştırmaya ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (68,75,76).

Gürültünün KUIP'ler üzerindeki etkilerini inceleyen araştırmacılar, gürültüde sunulan uyararın spektral özellikleri ve periyodiklik farklılıkları kadar gürültü türünün de önemli olduğunu belirtmiştir. Örneğin, bir çalışmada genç yetişkinlerde /u-i/ uyararına verilen başlangıç ve değişim yanıtları dört koşul altında kaydedildi (69). Bunlar sessiz, sürekli konuşma spektrumlu gürültü, sekiz konuşmacı (8T) ve iki konuşmacı (2T) gürültüsüdür. Ses başlangıcının kortikal sinirsel temsili üzerinde artan ve değişen informasyonel ve enerji maskeleme seviyelerini temsil etmek üzere tasarlanan bu gürültü koşullarının farklı etkilerini belirlemek için genlik ve latans ölçümleri üzerinde gürültü durumuna göre tekrarlanan ölçüm analizleri gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, sessiz koşullarla karşılaştırıldığında, tüm gürültü koşullarında hem başlangıç hem de yanıt alanının yanı sıra başlangıç N1 ve P2 genliklerini ve başlangıç N1-P2 tepeden tepeye genliklerini önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, sürekli konuşma spektrumlu gürültü ile karşılaştırıldığında iki farklı çok konuşmacılı gürültü durumu için tüm genlik ve alan ölçümleri önemli ölçüde azalmıştır. Tüm başlangıç tepe noktaları için ortalama latanslar, sessiz koşullarla karşılaştırıldığında gürültü koşullarında uzamıştır. Ancak genlik ve alan sonuçlarının aksine, konuşma spektrumlu gürültü ve çok konuşmacılı koşulları arasındaki latans süresindeki farklar istatistiksel anlamlılığa ulaşmamıştır.

Bu çalışma ile uyumlu olarak mevcut çalışmamızda da her biri farklı spektral ve zamansal özelliklere sahip olan çok konuşmacılı gürültü ve beyaz gürültü kullanılmıştır. Sessizlikte sunulan /sa/ uyararı ile beyaz gürültü koşulunda sunulan /sa/ uyararı karşılaştırıldığında, başlangıç sesi N1 cevabı genliklerinde sessizliğe kıyasla beyaz gürültüde bir azalma olmuştur. Benzer şekilde sessizlikte sunulan /sa/ uyararı ile çok konuşmacılı gürültü koşulunda sunulan /sa/ uyararı karşılaştırıldığında, başlangıç sesi N1 cevap genliklerinde sessizliğe kıyasla çok konuşmacılı gürültüde bir azalma oldu. Tüm başlangıç tepe noktaları için de ortalama latanslar, sessiz koşullarla karşılaştırıldığında gürültü koşullarında uzamıştır. Sonuçlarımız, informasyonel maskeden bağımsız olarak arka plan gürültüsünün N1 genliklerini azalttığını ve ayrıca her iki başlangıç yanıtı için latans sürelerini uzattığını gösterdi. Bu bulgular Maamor ve Billings'in (2017) çalışmalarıyla uyumludur (68). Her iki çalışmada da konuşma spektrumlu gürültü ve konuşma gürültüsü, sessiz durumla karşılaştırıldı. Modüle edilmiş konuşma seslerinin, sürekli konuşma spektrumu gürültüsüne göre N1 genliklerinde daha fazla azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir.

Başka bir çalışma, gürültü tipinin, sinyal-gürültü oranının, yaşın ve işitme durumunun konuşma seslerindeki KUIP'ler üzerindeki etkilerini incelemiştir. Yaş ve işitme durumuna göre üç gruba ayrılan 30 kişiye, değişen SGO'larda sürekli gürültü, modüle edilmiş gürültü ve çok konuşmacılı gürültü türleri sunulmuştur. Sinyallerin ve gürültülerin spektro-zamansal özelliklerinin, sinir tepkilerinin morfolojisinin belirlenmesinde önemli bir rol oynadığı açıktır. Modüle edilmiş konuşma seslerinin, sürekli konuşma spektrumu gürültüsüne göre N1-P2 genliklerinde daha fazla azalmaya neden olduğu gözlemlenmiştir (77).

Çalışmamızda beyaz gürültü ile çok konuşmacılı gürültü başlangıç N1 tepe genliklerinde istatistiksel olarak anlamlı fark gözlemlendi. Spektral ve zamansal olarak modüle edilmiş gürültülerin (mevcut çalışmada çok konuşmacılı gürültüsü), sabit gürültüye kıyasla kortikal tepkiler üzerinde daha belirgin bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlar, arka plan gürültü maskeleyicilerinin genellikle konuşma sesiyle uyarılan kortikal yanıtların genliğini azaltıp, latansını artırırken, maskeleme türünün önemli bir etkiye sahip olduğu fikrini desteklemektedir. Çok konuşmacılı maskeleyiciler informasyonel maskeleme etkilerine atfedilebilecek tamamen enerjik sürekli konuşma spektrumlu

gürültü maskeleyicileriyle karşılaştırıldığında, konuşma sesi başlangıcına ve değişimine karşı zorunlu kortikal tepki üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu düşünülmektedir.

Çalışmamızda ses başlangıcı tepkileri incelendiğinde, iki gürültü tipinin de sessiz duruma göre ses başlangıcı N1 latans süresinde uzamalara neden olduğu gözlemlendi. Bu bulgu, gürültünün N1 latansları üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalarla uyumludur (68,78). N1 latanslarına benzer şekilde ses başlangıcı N1 genlikleri, sessizle karşılaştırıldığında daha düşük gözlemlendi. N1 ses başlangıcı dikkate alındığında, her bir gürültü tipinin sessiz olana göre daha uzun N1 latanslarında uzamalara neden olduğu ancak N1 genliklerindeki azalmanın gürültü türüne bağlı olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin Billings ve ark. (2011) dört gürültü türünü karşılaştırmış ve konuşma sesini içeren gürültünün diğer gürültü türleri arasında sesin başlangıcındaki N1 latansını en fazla uzatan gürültü olduğunu belirtmiştir. Araştırmacılar konuşma seslerini içeren arka plan gürültüsünün daha zor bir dinleme koşulu olduğunu belirtmişlerdir (19).

Başka bir çalışmada, konuşma ve tonal uyarılar farklı gürültü koşulları altında sunulmuştur. Çok konuşmacılı gürültü durumunda konuşma uyarılarına davranışsal (ayırt etme ve reaksiyon süreleri) ve kortikal tepkilerin (P3 tepkisi) diğer koşullara göre azaldığı belirtilmiştir. (70).

Başka çalışma normal işiten genç yetişkinlerde beyaz gürültünün *tone burst* ile uyarılmış geç işitsel uyarılmış potansiyeller (N1, P2 ve P3) üzerindeki etkilerini sistematik olarak araştırmıştır. Çalışmada normal işiten yirmi genç yetişkin birey denek olarak görev almıştır. Çoklu sinyal-gürültü oranlarında (sessiz, 20, 10, 0) geç işitsel uyarılmış potansiyellerin (N1, P2 ve P3) bir karşılaştırması yapılmıştır. N1, P2 ve P3 ortaya çıkarılmış ve potansiyellerin her biri için hem genlik hem de latans ölçülmüştür. Potansiyelleri uyarmak için binaural stimülasyona sahip standart bir oddball paradigma kullanılmıştır. Sonuçlar, sessiz ve 20 dB SGO koşulu arasında N1, P2 veya P3 genliği veya latans süresi açısından önemli bir fark olmadığını gösterdi; ancak daha zayıf SGO'larda anlamlı N1, P2 ve P3 genlik ve/veya latans farklılıkları gözlemlenmiştir. Sonuçlar, çevrede artan gürültü varlığına bağlı olarak üst düzey sinir fonksiyonunda bir değişiklik olduğunu göstermektedir (68).

N1 ses başlangıcı dikkate alındığında, her bir gürültü tipinin sessize göre daha uzun N1 latanslarına neden olduğu ancak N1 genliklerindeki azalmanın gürültü türüne bağlı olduğu gözlenmiştir. Çalışmamızda aynı SGO'da farklı gürültülerin etkileri incelendiğinde, çok konuşmacılı gürültü +10 dB SGO koşulundaki genliklerinin, beyaz gürültü +10 dB SGO koşuluna göre anlamlı derecede düşük olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Bu bulgu daha önce yapılan bazı çalışmalarla paralellik göstermektedir.

Billings ve ark. (2011) gürültüdeki sinyalin nöral kodlamasını daha iyi anlamak için sinyal tipinin, gürültü tipinin ve uyarı paradigmasının P1-N1 P2 kompleksi üzerindeki etkisini belirlemek için bir çalışma tasarlamış ve tonlar ve konuşma uyarıları dokuz kişiye sessiz bir şekilde ve üç arka plan gürültü türünde sunulmuştur. -3 dB sinyal-gürültü oranında, sürekli konuşma spektrumu gürültüsünde, kesintili konuşma spektrumu gürültüsünde ve dört konuşmacılı gürültüsünde. Ayrı oturumlarda kortikal işitsel uyarılmış potansiyeller, pasif homojen bir paradigma (tek tekrarlanan uyarı) ve aktif bir oddball paradigma tarafından uyarılmıştır. N1 bileşenine ilişkin sonuçlar, sinyal tipinin, gürültü tipinin ve uyarı paradigmasının önemli etkilerini göstermiştir. P1 ve P2 bileşenleri de bu değişkenler üzerinde anlamlı ana etkilere sahipken, yalnızca P2 bu değişkenler arasında anlamlı etkileşimler göstermiştir (19). Gürültüdeki sinyalin uyarılmış potansiyelleri yorumlanırken sinyal tipi, gürültü tipi ve uyarı paradigmasının tümü özellikle dikkate alınmalıdır. Ayrıca, bu verilerin KUİP'lerin gürültüdeki algı eksikliklerini anlamaya yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Benzer bir çalışma -5 dB SGO'da konuşma şeklindeki gürültüde, /sa/ uyarısı için başlangıç tepkisinin gözlemlenmediğini bulmuşlardır. Yapılan bu çalışmada 0 dB SGO seviyesinde başlangıç yanıtı N1'in ortadan kaybolduğunu göstermiştir. (72). Çalışmamızda konuşma uyarısı /sa/ iki farklı gürültü tipinde ve iki farklı SGO' de sunulmuş ve tüm katılımcılardan her iki gürültü tipinde +10 dB SGO' da ses başlangıcı N1 cevapları alınırken 0 dB SGO'da tespit edilebilir nöral cevap gözlenmemiştir. Bu bulgunun gürültü düzeyi, gürültü tipi ve kullanılan uyarının türü ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Uyarılmış potansiyeller genellikle düşük SGO'lerde dramatik bir azalma gösterir, bu nedenle tepe noktasının tespitini güvenilir durum olacağını göstermez. Bu durum mevcut çalışmanın kısıtlayıcısı olabilir ve sonuçlarımızı etkilemiş olabilir.

Farklı maskeleyicilerin gürültüde konuşmayı anlama üzerinde farklı etkileri vardır. Davranışsal testler, konuşma şeklindeki gürültüyle (enerjik maskeleme) karşılaştırıldığında çok konuşmacılı gürültüde (hem enerjik hem de bilgi amaçlı maskeleme) ünsüz tanımlamanın daha fazla engellendiğini göstermiştir (79). Benzer şekilde, azalan SGO, konuşma şeklindeki gürültü ve beyaz gürültüye kıyasla çok konuşmacılı gürültüde kelime hatırlamada daha belirgin bir azalmaya neden olmuştur (80). Öte yandan, gerçek hayattaki gürültü koşullarında (otobüs, kafe, metro ve restoran) cümle tanıma, konuşma spektrumu gürültüsüne benzerdi (81). Bu çalışmalar, informasyonel maskelemenin (çok konuşmacılı gürültü), enerjik maskelemeden (beyaz gürültü, konuşma şeklindeki gürültü gibi filtrelenmiş gürültü) konuşmayı anlama üzerinde daha zararlı etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

Gürültü tipinin gürültüde konuşma üzerindeki değişen etkisi, konuşmanın uyardığı kortikal tepkilerde de gözlenmiştir. Kortikal cevap latansları ve genlikleri üzerinde en büyük etkiye çok konuşmacılı gürültünün sahip olduğunu, en az etkiye kesintili gürültünün sahip olduğunu ve sürekli gürültünün bu iki gürültü koşulu arasında orta düzeyde bir etkiye sahip olduğunu gösterilmiştir (19). Benzer şekilde, iki çok konuşmacılı gürültüsü koşulu arasında önemli bir fark olmaksızın, konuşma şeklindeki gürültüyle karşılaştırıldığında çok konuşmacılı gürültünün (2 konuşmacı ve 8 konuşmacı) tepki genliklerinin daha küçük olduğunu bildirmiştir (77).

Çok konuşmacılı maskelemenin, aynı SGO'da sürekli konuşma spektrumu gürültüsüne göre konuşmayı anlama açısından davranışsal olarak daha zararlı olduğu gösterildiğinden, informasyonel maske koşullarında kaydedilen N1 yanıtlarının genlik açısından önemli ölçüde azalması ve sürekli konuşma spektrumu gürültüsü koşuluyla karşılaştırıldığında uzamış latanslar göstermesi bekleniyordu (7). Gürültü koşulları arasında genliğe ilişkin bulgular bu hipotezi kısmen destekledi. Beyaz gürültü koşuluyla karşılaştırıldığında konuşma gürültüsü koşulları için N1 genliklerinde önemli azalmalar vardı. Ancak latans bulguları hipotezimizi desteklemedi. Spesifik olarak, N1 için gürültü koşulları arasındaki latans farkları, beyaz gürültü koşuluyla karşılaştırıldığında konuşma gürültüsü koşulu için istatistiksel anlamlılığa ulaşmadı. Çalışmamız iki gürültü türü arasında anlamlı bir genlik etkisi olduğunu gösterdi fakat latans etkileri açısından anlamlı olmayan bir eğilim gösterdi. Önemli latans etkisinin bulunmaması, yaşanan veri kaybından dolayı yalnızca 14 katılımcının test edildiği göz önüne alındığında, kısmen yetersiz

istatistiksel gücün bir sonucu olabilir. Farklı spektral ve/veya zamansal uyaran değişikliğinin kullanılması hem enerjik hem de informasyonel maskelemenin uyaran değişikliği yanıtının pasif tespiti üzerindeki etkisini tam olarak değerlendirmek için gerekli olabilir.

Mevcut çalışma dışında çoğu çalışma yalnızca tek tip gürültü kullanmış ve sürekli gürültü ile çok konuşmacılı gürültünün KUIP üzerindeki etkilerini doğrudan karşılaştırmamıştır. Karşılaştırmalı bir çalışmada /ba/ uyararı tarafından uyarılan P1-N1-P2'yi kullanan sürekli gürültü türü maskeleyicilerle karşılaştırıldığında çok konuşmacılı gürültüde genliklerin azaldığını buldu (19). Spesifik olarak hem sürekli konuşma spektrumu gürültüsü hem de 4 konuşmacılı gürültü koşulları için sessiz ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azaltılmış N1 genlikleri ve sürekli gürültü ile karşılaştırıldığında çok konuşmacılı gürültü durumu için önemli ölçüde azaltılmış N1 genlikleri gösterdiler. Bu sonuçlar, bu çalışmada kullanılan beyaz gürültü ile karşılaştırıldığında çok konuşmacılı maskeleyici için N1 genlik azalmasıyla iyi bir uyum içinde olduğu görülmüştür.

Sonuçları karşılaştırırken önceki çalışma ile mevcut çalışma arasındaki metodolojik farklılıklar bir argüman olabilir. Önceki çalışmaların çoğunda tek sesli sunum kullanılırken, mevcut çalışmada serbest alanda doğal olarak üretilen konuşma uyararı kullanılmıştır. Bu metodolojik farklılığın, mevcut çalışma ile makalede tartışılan önceki çalışmalar arasındaki farkları kısmen açıklayabilir.

Daha önceki bir çalışma altı konuşmacının ötesindeki maskeleyicinin bilgi özelliklerinin azaldığını, minimum sözcüksel bağlamla bir sabit durum gürültüsü yarattığını ve böylece enerjik maskeleyiciye daha çok benzediğini ileri sürdü (37). Enerjik maskelemenin informasyonel maskelemeyi aşması için gereken konuşmacı sayısı, bireysel algısal yeteneklere, maskeleyicinin ve sinyalin ses özelliklerine ve ayrıca sinyalin kendisinin lokalizasyonuna bağlı olarak değişebilir. (8,37). Farklı spektral ve/veya zamansal uyaran kontrastı ve SGO dahil gürültü özelliklerinin bu karmaşık etkilerinin araştırılması hem enerjik hem de informasyonel maskelemenin etkisini tam olarak değerlendirmek için gerekli olacağı düşünülmektedir.

Gelecek çalışmalar için önerimiz, farklı SGO oranlarında farklı gürültü tipleri ve uyaran türleri kullanılarak gürültünün sinirsel tepkiler üzerindeki etkisinin incelenmesidir. Alternatif olarak, akustik ve bağlamsal bilgilerde hedef maskeleyici benzerliği, tek ve çift kulaklı uyarım, SGO ve odak ve dikkatin rolleri gibi ek faktörler, zorunlu başlangıç ve değişim yanıtları veya daha yüksek düzeyde KUIP'ler kullanılarak daha fazla araştırılmalıdır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

- Araştırma informasyonel maskelemenin, zorunlu potansiyeller üzerinde nispeten daha enerjik olan maskeleyicilere göre daha büyük bir etkisini göstermektedir.
- Farklı gürültü durumlarındaki ses başlangıcı N1 latansları ve genlikleri karşılaştırılmış, başlangıç cevabı ses başlangıcı N1 genlikleri sessiz durum ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmıştır. Ayrıca, beyaz gürültü ile karşılaştırıldığında çok konuşmacılı gürültü durumu için genlikler önemli ölçüde azalmıştır.
- Tüm ses başlangıç N1 cevabı için ortalama latanslar, sessiz durumla karşılaştırıldığında gürültü durumunda uzamıştır. Ancak beyaz gürültü ile çok konuşmacılı gürültü durumu arasında, latans süresindeki farklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p < 0,05$).
- Arka plan gürültüsünün başlangıç cevabı N1 genliklerini azalttığını ve latanslarını uzattığı gösterilmiştir.
- Konuşma ile uyarılan KİUP'ler çeşitli arka plan seslerinde kaydedilebilir.
- Sinyal türü pasif olarak ortaya çıkan KUIP bileşenlerinin latanslarını ve genliklerini etkileyebilir.
- Bu çalışma, informasyonel maskelemenin olduğu zorlu bir dinleme durumunda beynin nasıl tepki verdiği dair bazı bilgiler sağlıyor.
- Konuşma gürültüsü sorunlarının teşhisi ve/veya prognozu için klinik yöntemlerin geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

KAYNAKLAR

1. Abutan, B. B., Hoes, A. W., Vandalsen, C. L., et al. (1993). Prevalence of Hearing Impairment and Hearing Complaints in Older Adults-a Study in General-Practice. *Family Practice*, 10, 391-395.
2. Oticon. (2016). Poll Results Provide Snapshot of Hearing Loss Struggles. In: *The Hearing Review*.
3. Fausti, S. A., Wilmington, D. J., Gallun, F. J., et al. (2009). Auditory and vestibular dysfunction associated with blast-related traumatic brain injury. *J Rehabil Res Dev*, 46, 797-810.
4. Festen, J. M., Plomp, R. (1990). Effects of fluctuating noise and interfering speech on the speech-reception threshold for impaired and normal hearing. *J Acoust Soc Am*, 88, 1725- 1736.
5. Kujawa, S. G., Liberman, M. C. (2015). Synaptopathy in the noise-exposed and aging cochlea: Primary neural degeneration in acquired sensorineural hearing loss. *Hear Res*, 330, 191- 199.
6. Putter-Katz, H., Adi-Bensaid, L., Feldman, I., et al. (2008). Effects of speech in noise and dichotic listening intervention programs on central auditory processing disorders. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*, 19, 301-316.
7. Helfer, K. S., Freyman, R. L. (2008). Aging and speech-on-speech masking. *Ear Hear*, 29, 87- 98.
8. Brungart, D. S., Simpson, B. D., Ericson, M. A., et al. (2001). Informational and energetic masking effects in the perception of multiple simultaneous talkers. *J Acoust Soc Am*, 110, 2527-2538.
9. Killion, M. C., Niquette, P. A., Gudmundsen, G. I., et al. (2004). Development of a quick speech-in-noise test for measuring signal-to-noise ratio loss in normal-hearing and hearing-impaired listeners. *J Acoust Soc Am*, 116, 2395-2405.
10. Durlach, N. I., Mason, C. R., Shinn-Cunningham, B. G., et al. (2003). Informational masking: counteracting the effects of stimulus uncertainty by decreasing target-masker similarity. *J Acoust Soc Am*, 114, 368-379.
11. Gosselin, P. & Gagne, J. (2011). Older adults expend more listening effort than young adults recognizing speech in noise. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 54, 944-958.

12. Lee, S., Park, K.W., Kim, L., & Kim, H. (2018). Association between frontal-executive dysfunction and speech-in-noise perception deficits in mild cognitive impairment. *Journal of Clinical Neurology*, 14(4), 513-522.
13. Carbonell, K.M. (2016). Individual differences in degraded speech perception (Doctoral Dissertation). Retrieved from the University of Arizona Campus Repository
14. Anderson, S. & Kraus, N. (2010). Objective neural indices of speech-in-noise perception. *Trends in Amplification*, 14(2), 73-83.
15. Gilles, A., Schlee, W., Rabau, S., Wouters, K., Fransen, E., & Van de Heyning, P. (2016). Decreased speech-in-noise understanding in young adults with tinnitus. *Frontiers in Neuroscience*, 10, 1-14.
16. Souza, P.E. & Turner, C.W. (1994). Masking of speech in young and elderly listeners with hearing loss. *Journal of Speech and Hearing Research*, 37, 665-661.
17. Plack, C.J. (2016). *The Sense of Hearing*. New York, NY: Routledge.
18. Glasberg, B. R., Moore, B. C. (1990). Derivation of auditory filter shapes from notched-noise data. *Hear Res*, 47, 103-138.
19. Billings, C. J., Bennett, K. O., Molis, M. R., et al. (2011). Cortical encoding of signals in noise: effects of stimulus type and recording paradigm. *Ear Hear*, 32, 53-60.
20. Culling, J. F. (2013). Energetic and informational masking in a simulated restaurant environment. *Adv Exp Med Biol*, 787, 511-518.
21. Hall, J. W., 3rd, Grose, J. H., Buss, E., et al. (2002). Spondee recognition in a two-talker masker and a speech-shaped noise masker in adults and children. *Ear Hear*, 23, 159-165.
22. Stuart, A., Phillips, D. P., Green, W. B. (1995). Word recognition performance in continuous and interrupted broad-band noise by normal-hearing and simulated hearing-impaired listeners. *Am J Otol*, 16, 658-663.
23. Elhilali, M., Chi, T., Shamma, S. A. (2003). A spectro-temporal modulation index (STMI) for assessment of speech intelligibility. *Speech Communication*, 41, 331-348.
24. Rosen, S., Souza, P., Ekelund, C., et al. (2013). Listening to speech in a background of other talkers: effects of talker number and noise vocoding. *J Acoust Soc Am*, 133, 2431-2443.

25. Stone, M. A., Canavan, S. (2016). The near non-existence of "pure" energetic masking release for speech: Extension to spectro-temporal modulation and glimpsing. *J Acoust Soc Am*, 140, 832.
26. Cooke, M. (2006). A glimpsing model of speech perception in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 1562-1573.
27. Pollack, I. (1975). Auditory Informational Masking. *Journal of the Acoustical Society of America*, 57, S5-S5.
28. Durlach, N. I., Mason, C. R., Shinn-Cunningham, B. G., et al. (2003). Informational masking: counteracting the effects of stimulus uncertainty by decreasing target-masker similarity. *J Acoust Soc Am*, 114, 368-379.
29. Kidd, G., Jr., Mason, C. R., Rohtla, T. L., et al. (1998). Release from masking due to spatial separation of sources in the identification of nonspeech auditory patterns. *J Acoust Soc Am*, 104, 422-431.
30. Lutfi, R. A. (1990). How much masking is informational masking? *J Acoust Soc Am*, 88, 2607- 2610.
31. Neff, D. L., Callaghan, B. P. (1988). Effective properties of multicomponent simultaneous maskers under conditions of uncertainty. *J Acoust Soc Am*, 83, 1833-1838.
32. Watson, C. S., Kelly, W. J., Wroton, H. W. (1976). Factors in the discrimination of tonal patterns. II. Selective attention and learning under various levels of stimulus uncertainty. *J Acoust Soc Am*, 60, 1176-1186.
33. Calandruccio, L., Brouwer, S., Van Engen, K. J., et al. (2013). Masking release due to linguistic and phonetic dissimilarity between the target and masker speech. *Am J Audiol*, 22, 157- 164.
34. Freyman, R. L., Helfer, K. S., Balakrishnan, U. (2007). Variability and uncertainty in masking by competing speech. *J Acoust Soc Am*, 121, 1040-1046.
35. Arbogast, T. L., Mason, C. R., Kidd, G., Jr. (2002). The effect of spatial separation on informational and energetic masking of speech. *J Acoust Soc Am*, 112, 2086-2098.
36. Hoen, M., Meunier, F., Grataloup, C. L., et al. (2007). Phonetic and lexical interferences in informational masking during speech-in-speech comprehension. *Speech Communication*, 49, 905-916.
37. Freyman, R. L., Balakrishnan, U., Helfer, K. S. (2004). Effect of number of masking talkers and auditory priming on informational masking in speech recognition. *J Acoust Soc Am*, 115, 2246-2256.

38. Leibold, L. J., Hitchens, J. J., Buss, E., et al. (2010). Excitation-based and informational masking of a tonal signal in a four-tone maskera). *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127, 2441-2450.
39. Gutschalk, A. & Dykstra, A. (2013). Functional imaging of auditory scene analysis. *Hearing Research*, 307, 98-110.
40. Kidd, G. & Colburn H.S. (2017). Informational masking in speech recognition. In J.C. Middlebrooks, J.Z. Simon, A.N. Popper, & R.R. Fay (Eds.), *The Auditory System at the Cocktail Party* (pp. 75-109). Retrieved from <https://link.springer.com.ezproxy3.library.arizona.edu/book/10.1007%2F978-3-319-51662-2>
41. Chandrasekaran, B., & Kraus, N. (2010). The scalp-recorded brainstem response to speech: Neural origins and plasticity. *Psychophysiology*, 47(2), 236–246.
42. Russo, N., Nicol, T., Musacchia, G., & Kraus, N. (2004). Brainstem responses to speech syllables. *Clinical Neurophysiology*, 115(9), 2021–2030.
43. Song, J. H., Skoe, E., Banai, K., & Kraus, N. (2011). Perception of speech in noise: neural correlates. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 23(9), 2268–2279.
44. Parbery-Clark, A., Marmel, F., Bair, J., & Kraus, N. (2011). What subcortical–cortical relationships tell us about processing speech in noise. *European Journal of Neuroscience*, 33(3), 549–557.
45. Zendel, B. R., Tremblay, C.-D., Belleville, S., & Peretz, I. (2015). The Impact of Musicianship on the Cortical Mechanisms Related to Separating Speech from Background Noise. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 27(5), 1044–1059.
46. Martin, B. A., Tremblay, K. L., Korczak, P. (2008). Speech evoked potentials: from the laboratory to the clinic. *Ear Hear*, 29, 285-313.
47. Naatanen, R., Picton, T. (1987). The N1 wave of the human electric and magnetic response to sound: a review and an analysis of the component structure. *Psychophysiology*, 24, 375- 425.
48. Ostroff, J. M., Martin, B. A., Boothroyd, A. (1998). Cortical evoked response to acoustic change within a syllable. *Ear Hear*, 19, 290-297.
49. Sharma, M., Purdy, S. C., Munro, K. J., et al. (2014). Effects of broadband noise on cortical evoked auditory responses at different loudness levels in young adults. *Neuroreport*, 25, 312-319.

50. Whiting, K. A., Martin, B. A., Stapells, D. R. (1998). The effects of broadband noise masking on cortical event-related potentials to speech sounds /ba/ and /da. *Ear Hear*, 19, 218-231.
51. Osterhammel, P. A., Davis, H., Wier, C. C., et al. (1973). Adult auditory evoked vertex potentials in sleep. *Audiology*, 12, 116-128.
52. Stapells, D. R. (2008). *Cortical Event-Related Potentials to Auditory Stimuli*. (6 ed.): Lippincott Williams & Wilkins.
53. Billings, C. J., McMillan, G. P., Penman, T. M., et al. (2013). Predicting perception in noise using cortical auditory evoked potentials. *J Assoc Res Otolaryngol*, 14, 891-903.
54. Pereira, D. R., Cardoso, S., Ferreira-Santos, F., et al. (2014). Effects of inter-stimulus interval (ISI) duration on the N1 and P2 components of the auditory event-related potential. *International Journal of Psychophysiology*, 94, 311-318.
55. Zhang, C., Arnott, S. R., Rabaglia, C., et al. (2016). Attentional modulation of informational masking on early cortical representations of speech signals. *Hear Res*, 331, 119-130.
56. Roth, W. T., Krainz, P. L., Ford, J. M., et al. (1976). Parameters of temporal recovery of the human auditory evoked potential. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*, 40, 623-632.
57. Hillyard, S. A., Squires, K. C., Bauer, J. W., et al. (1971). Evoked Potential Correlates of Auditory Signal Detection. *Science*, 172, 1357-&.
58. Squires, K. C., Hillyard, S. A., Lindsay, P. H. (1973). Cortical Potentials Evoked by Confirming and Disconfirming Feedback Following an Auditory Discrimination. *Perception & Psychophysics*, 13, 25-31.
59. Martin, B. A., Boothroyd, A. (1999). Cortical, auditory, event-related potentials in response to periodic and aperiodic stimuli with the same spectral envelope. *Ear Hear*, 20, 33-44.
60. Martin, B. A., Boothroyd, A. (2000). Cortical, auditory, evoked potentials in response to changes of spectrum and amplitude. *J Acoust Soc Am*, 107, 2155-2161.
61. Wagner, M., Roychoudhury, A., Campanelli, L., et al. (2016). Representation of spectrotemporal features of spoken words within the P1-N1-P2 and T-complex of the auditory evoked potentials (AEP). *Neurosci Lett*, 614, 119-126.
62. Parbery-Clark, A., Tierney, A., Strait, D. L., et al. (2012). Musicians have fine-tuned neural distinction of speech syllables. *Neuroscience*, 219, 111-119.

63. Tremblay, K. L., Friesen, L., Martin, B. A., et al. (2003a). Test-retest reliability of cortical evoked potentials using naturally produced speech sounds. *Ear Hear*, 24, 225-232.
64. Tremblay, K. L., Kalstein, L., Billings, C. J., et al. (2006). The neural representation of consonant-vowel transitions in adults who wear hearing AIDS. *Trends Amplif*, 10, 155- 162.
65. Martin, B. & Boothroyd, A. (1999a). Cortical, auditory, event-related potentials in response to periodic and aperiodic stimuli with the same spectral envelope. *Ear and Hearing*, 20(1), 33-44.
66. Martin, B. & Boothroyd, A. (1999b). Cortical, auditory, evoked potentials in response to changes of spectrum and amplitude. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107(4), 2155-2161.
67. He, S., Grose, J.H. & Buchman, C.A. (2012). Auditory discrimination: The relationship between psychophysical and electrophysiological measures. *International Journal of Audiology*, 51:10, 771-782. DOI: 10.3109/14992027.2012.699198.
68. Billings, C., Grush, L., & Maamor, N. (2017). Acoustic change complex in background noise: phoneme level and timing differences. *Physiological Reports*, 5(20), 1-8.
69. Niemczak, C. & VanderWerff, K. (2018). Informational masking effects on neural encoding of stimulus onset and acoustic change. *Ear and Hearing*.
70. Bennett, K. O., Billings, C. J., Molis, M. R., et al. (2012). Neural encoding and perception of speech signals in informational masking. *Ear Hear*, 33, 231-238.
71. Wightman, F. L., & Kistler, D. J. (2005). Informational masking of speech in children: Effects of ipsilateral and contralateral distracters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 118(5), 3164–3176.
72. Ganapathy, M. K., & Manjula, P. (2016). Effect of noise on acoustic change complex. *Int J health sci res.*, 6:356-370.
73. Cox, R. M., and Alexander, G. C. (1995). “The abbreviated profile of hearing aid benefit,” *Ear Hear*. 16, 176–186. Gatehouse, S., and Noble, W. (2004). “The speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ),” *Int. J. Audiol.* 43, 85–99.
74. Gatehouse, S., and Noble, W. (2004). “The speech, spatial and qualities of hearing scale (SSQ),” *Int. J. Audiol.* 43, 85–99.

75. Hall III, J. W. (2015). Handbook of Auditory Evoked Responses (2015) (1).pdf.
Hawkins Jr, J., & Stevens, S. (1950). The masking of pure tones and of speech by white noise. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 22(21):26-13.
76. Picton, T. W. (2010). Human auditory evoked potentials. Plural Publishing. Small, S. A., Sharma, M., Bradford, M., Vasuki, P. R. M. E., & hearing. (2018). The effect of signal to noise ratio on cortical auditory–evoked potentials elicited to speech stimuli in infants and adults with normal hearing. 39(2), 305-317.
77. Niemczak, C. E., & Vander Werff, K. R. (2019). Informational masking effects on neural encoding of stimulus onset and acoustic change. *Ear and hearing*, 40(41):156-167.
78. McCullagh, J., Musiek, F. E., & Shinn, J. B. (2012). Auditory cortical processing in noise in normalhearing young adults. *Audiological Medicine*, 10(3), 114-121.
79. Lecumberri, M. L. G., Cooke, M. (2006). Effect of masker type on native and non-native consonant perception in noise. *Journal of the Acoustical Society of America*, 119, 2445- 2454.
80. Taitelbaum-Swead, R., Fostick, L., 2016. The effect of age and type of noise on speech perception under conditions of changing context and noise levels. *Folia Phoniatri Logop* 68, 16–21.
81. Wong, L.L.N., Ng, E.H.N., Soli, S.D., 2012. Characterization of speech understanding in various types of noise. *J Acoust Soc Am* 132, 2642–2651.